

**Einfluß der Refraktionsanomalien
auf die kinetische und statisch
quantitative Perimetrie**

von

Eberhard M. Paterok

aus

Schwandorf

1973

1974 # 33

Aus der Augenklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. E. Schreck

Einfluß der Refraktionsanomalien auf die kinetische und statisch quantitative Perimetrie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Eberhard M. Paterok

aus

Schwandorf

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. med. L. Demling

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. E. Genée

Korreferent: Prof. Dr. med. E. Schreck

Tag der mündlichen Prüfung: 17. September 1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548408_0103

An dieser Stelle möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. E. Schreck, Direktor der Universitäts-Augenklinik zu Erlangen, für die Überlassung des Themas meinen ergebensten Dank aussprechen.

Herrn Privatdozent Dr. E. Genée, Oberarzt der Universitäts-Augenklinik, bin ich für die vielen wertvollen Anregungen in wissenschaftlicher und untersuchungstechnischer Hinsicht, sowie für die großzügige Förderung meiner Arbeit und vor allem für das mir stets entgegengebrachte Wohlwollen und Vertrauen zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

Frau Professor Dr. E. Aulhorn, Leiterin der Forschungseinheit Pathophysiologie des Sehens an der Universitäts-Augenklinik Tübingen (Direktor Prof. Dr. H. Harms), danke ich herzlich für die praktische Unterweisung am Tübinger Perimeter.

Desgleichen gilt mein Dank Herrn Dr. C.C. Brown, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Mathematischen Institut, der mich bei der statistischen Auswertung beriet.

Nicht zuletzt danke ich den Firmen Oculus in Dutenhofen über Wetzlar und Haag & Streit in Bern / Liebefeld für ihre Unterstützung auf technischem Gebiet.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. <u>Einleitung</u>	1
B. <u>Hauptteil</u>	5
I. Literatur	5
a) Verminderte Lichtunterschiedsempfindlichkeit bei Ametropien und Presbyopie	5
b) Isopteren-Gesichtsfeld	6
c) Blinder Fleck	7
d) Refraktionsskotome	9
II. Eigene Untersuchungen	13
a) Gerät und Untersuchungsvorbereitungen	13
1. Tübinger Perimeter	13
2. Umfeld und Adaptation	14
3. Einstellung des Patienten-Auges	15
4. Fixierpunkt	16
5. Prüfpunkt	17
b) Messungen	18
1. Reihenfolge der Untersuchungsverfahren	18
2. Profil-Perimetrie	18
3. Isopteren-Perimetrie	21
4. Untersuchung des blinden Flecks	23
5. Pupillenmessung	23
c) Auswertung	24
1. Auszeichnen der Kurven	24
2. Computer-Berechnung	24
d) Versuchspersonen	25
III. Ergebnisse	27
a) Resultate der einzelnen Gruppen	27
<u>Myopie</u>	30
1. Gruppe A	30
2. Gruppe B	33

	Seite
3. Gruppe C	36
4. Gruppe D	38
5. Mittelwerte	39
<u>Presbyopie und Presbyopie-Hyperopie</u>	41
6. Gruppe E	41
7. Gruppe F	43
8. Gruppe G	45
9. Gruppe H	48
10. Mittelwerte	50
11. Mit Korrektur aufgezeichnete Schwellenwertskurven	51
12. Profilschnittpunkte, Alter und Pupillenweite	52
b) Programme	53
c) Einzeldarstellungen	55
1. Proband S., Gruppe A Nr. 1	55
2. Proband K., Gruppe A Nr. 7	57
3. Proband M., Gruppe A Nr. 2	57
4. Schematische Darstellungen	58
5. Probandin H., Gruppe H Nr. 8	60
6. Proband P., Gruppe H Nr. 7	61
7. Probandin A., Gruppe H Nr. 9	62
8. Emmetrope Versuchspersonen	63
<u>C. Diskussion</u>	65
I. Profile	65
a) Normalprofile - mit Korrektur aufge- zeichnete Profile	65
b) Sensibilitätsverlust der Fovea centralis	69
c) Empfindlichkeitsgefälle vom Zentrum zu den 25°-Exzentrizitäten des Horizontal-Meridians	75
d) Notwendigkeit der Korrektur bei statisch quantitativer Perime- trie	79

	Seite
II. Blinder Fleck	81
a) Verlagerung	81
b) Größenänderung	83
c) Profildepressionen im Bereich des blinden Flecks	86
d) Bedeutung der Refraktion für die Bestimmung des blinden Flecks	88
III. Isopteren-Gesichtsfelder	90
a) Ausdehnung des Gesichtsfeldes und Form der Isopteren	90
b) Konzentrische Isopteren-Verlagerungen durch Refraktionsanomalien und andere Faktoren	91
c) Das Verschwinden zentraler Isopteren	93
d) Isopteren-Einbuchtung im Bereich des blinden Flecks	94
e) Übereinstimmung zwischen Profil und Isopteren-Gesichtsfeld	95
f) Notwendigkeit der Korrektur bei kinetisch quantitativer Perimetrie	96
IV. Refraktions-Skotome	99
V. Korrekturglas: Unvermeidliche Fehler	101
a) Astigmatismus schiefer Incidens	101
b) Sphärische Aberration	102
c) Reflexion	102
d) Prismatischer Effekt der Brillengläser und Ringskotom	103
e) Aktionsradius 30°	105
D. Zusammenfassung	108
E. Daten und Abbildungen	111
I. Tabellen	111
II. Bilder, graphische Darstellungen, Profile und Isopteren-Gesichtsfelder	147
Literaturverzeichnis	163
Lebenslauf	

A. Einleitung

Seit der Erfindung des ersten Geräts zur Bestimmung des Gesichtsfeldes, einem typischen Halbkreis-Bogenperimeter von FÖRSTER im Jahre 1867, hat sich dieses Untersuchungsverfahren einen wichtigen Platz unter den diagnostischen Grundmethoden der Ophthalmologie erobert. Daß das Resultat der Perimetrie neben dem Augenarzt auch den Verkehrs- und Arbeitsmediziner, den Neurologen und Internisten zu interessieren beginnt, begründete SCHÖBER 1969 folgendermaßen: "Aus dem Ergebnis der Gesichtsfeld-Untersuchung wird nicht allein ein Urteil über die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Netzhautbereiche, sondern auch ein wichtiger Anhaltspunkt für die Diagnose, Prognose und Lokalisation von Schädigungen im Bereich der Netzhaut, der Sehleitung und des ZNS gewonnen".

Um den an sie gestellten Forderungen voll und ganz gerecht werden zu können, hat sich die Perimetrie vor allem in ihrer speziellen Methodik gewandelt und ist vielseitiger geworden. Die qualitative wurde weitgehendst von der quantitativen Perimetrie abgelöst, welche BAIR bereits 1940 klar definierte. Zu der kinetischen kam die statisch quantitative Perimetrie (7,61,112,130), deren Ergebnis das Isopteren-Gesichtsfeld resp. die Kurven der Lichtunterschiedsempfindlichkeit sind. Dabei führt das Wort Gesichtsfeld irre, um mit HARMS (1969) zu sprechen, weil es die Vorstellung eines zweidimensionalen Gebildes hervorruft. Aber seit dem Beginn der Bemühungen um quantitative Perimetrie ist immer wieder mit Nachdruck darauf hingewiesen worden, daß wir ein dreidimensionales Gebilde, vergleichbar einem Berg oder einer Insel, zu untersuchen haben (79). TRAQUAIR und SCOTT (123) sprechen von einem "island of vision in a sea of blindness". HARMS bringt 1969 folgenden Vergleich: "Die Perimetrie entspricht somit der Vermessung

unbekannten Geländes, wobei die Isohypsen des Kartographen den Isopteren der Perimetrie, und die senkrecht zu den Höhenlinien gelegten Schnitte den Profilkurven entsprechen". Zur genauen "Vermessung" des "Empfindlichkeitsberges" der Retina, der bei MÜTZE (101) in Form eines Anaglyphenbildes dargestellt ist, empfiehlt sich somit die Kombination der Isopteren- und Profil-Perimetrie (7, 62, 54, 105, 130), welche Synonyma für kinetische und statisch quantitative Perimetrie darstellen. Dabei sei jedoch einschränkend darauf hingewiesen, daß auch statische Isopteren-Perimetrie nach HARMS (62) möglich und sinnvoll ist.

Wenn man die Bezeichnung statisch quantitative Perimetrie hört, denkt man in der Regel an die meridionale Untersuchungstechnik. Neuerdings wird aber auch zirkuläre und meridianparallele statisch quantitative Perimetrie praktiziert (62, 93, 103, 105, 107), wobei die Untersuchung nicht längs eines Meridians erfolgt, sondern an Orten gleicher Exzentrizität verschiedener Meridiane oder an Punkten, die parallel zu einem Meridian angeordnet sind. Als Ergebnis erhält man hierbei Isoexzentrizitäten, also gewissermaßen zirkuläre Schnitte, und meridianparallele Profile. Diese Gruppe von Untersuchungsmethoden läßt sich noch durch die Wahl verschiedener Beleuchtungsbedingungen des Halbkugelprojektionsschirms modifizieren, so daß man von photopischer, mesopischer oder skotopischer quantitativer Perimetrie sprechen kann (64, 97, 98, 105).

Weisen die aufgeführten Prüfverfahren Unterschiede in der Auswahl der zu untersuchenden Netzhautareale auf, so sind die folgenden durch Veränderung des Prüfpunkts hinsichtlich Form, Darbietungsdauer und Art der Bewegung gekennzeichnet. Mittels linearer und kreisförmiger Bewegungen der Testmarke kann die Erkennungsschwelle für das Sehen

von Bewegungen bestimmt werden. Das Ergebnis sind die Isokinopteren, welche nach FRANKLIN und McCOLGIN (45) ähnliche Formen wie die Isopteren haben. Mit Flimmerperimetrie läßt sich die kritische Verschmelzungsfrequenz messen (De CORTE und LAVERGNE 1970), auch CFF (critical flicker frequency) genannt (133), und die Verwendung quadratischer Lichtobjekte neben runden dient zur Prüfung zentraler und peripherer Sehschärfe am Perimeter (5); ringförmige Reizmarken verwendet man zur Untersuchung räumlicher Summation (FRANCOIS, VERRIEST und ORTIZ-OLMEDO 1970), und die Westheimersche Technik bietet die Möglichkeit, an verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes diejenigen Netzhautfelder zu bestimmen, welche in neuraler Wechselwirkung miteinander stehen (ENOCH, SUNGA und BACHMANN 1970).

Sämtliche aufgeführten speziellen Verfahren sind subjektive Funktionsprüfungen, für welche die von AULHORN (9) beschriebenen psychophysischen Gesetzmäßigkeiten zutreffen und berücksichtigt werden müssen. Eine Objektivierung des Resultats der Perimetrie bietet die Untersuchung der pupillo-motorischen Erregbarkeit, mit der sich u.a. HARMS, TODOR (1968), BRESKY und CHARLES (1969) beschäftigen.

Der Schwarz-Weiß oder Lichtsinn-Perimetrie tritt die Farbenperimetrie gegenüber, welche von GOLDMANN (53), HARMS (62), ENGELKING, SCHRECK (28), FRANCOIS, VERRIEST, ISRAEL (43, 128), FERREE, RAND (38), GURVIC (58) und anderen betrieben wurde bzw. wird. Diese zweite Art relativer Perimetrie hatte in den letzten Jahren an Bedeutung verloren, zumal sich die von ENGELKING und ECKSTEIN 1920 erhobene Forderung nach peripheriegleichen und invariablen Perimeterobjekten nicht in den Projektionsperimetern der Gegenwart verwirklichen ließ (41). Die statische Farbperimetrie soll aber FRANCOIS, VERRIEST und ISRAEL (43)

die Differential-Diagnose zahlreicher Augenerkrankungen erleichtert haben. Die Verwendung von Interferenz- gleich monochromatischen Lichtfiltern, die nur eine geringe Halbwertsbreite haben, bietet die Möglichkeit, für jede beliebige Netzhautstelle die achromatische und chromatische Schwelle für das gegebene monochromatische Licht, einem wohl definierten physikalischen Farbreiz also, zu ermitteln (62). Aber auch hier sind die Farben nicht gesättigt, sondern durch den hellen Untergrund, auf den der farbige Testpunkt projiziert wird, stark verweißt.

Die zahlreichen erwähnten Untersuchungsmöglichkeiten sollen zeigen, wie genau das zweidimensionale Gesichtsfeld oder besser der dreidimensionale Empfindlichkeitsberg bereits bestimmt werden kann. Wir verstehen erst jetzt die von LAUBER (79) und zahlreichen anderen Autoren erhobene Forderung, perimetrische Untersuchungen nur mit Korrektur bestehender Refraktionsabweichungen durchzuführen, um so der Genauigkeit dieser Untersuchungsmethode Rechnung zu tragen.

Nach unseren Erfahrungen wird die Laubersche Forderung, gerade von den praktizierenden Augenärzten, viel zu selten beachtet. Sie ist nämlich bei der üblichen Art der Perimetrie sehr schwer zu erfüllen, allein schon deshalb, weil das Brillengestell das Gesichtsfeld stark einengt und der Astigmatismus schiefer Inzidenz nur bei Verwendung punktuell abbildender Gläser unter der Wahrnehmbarkeitsgrenze bliebe (90). Angesichts dieser Situation stellen wir uns die Aufgabe, den Einfluß der Refraktionsanomalien auf das Profil- und Isopteren-Gesichtsfeld zu untersuchen, um somit quantitativ die Frage beantworten zu können, in welchen Fällen und ab welchem Grad einer bestehenden Ametropie oder Presbyopie eine optische Korrektur derselben für die Gesichtsfeldbestimmung zu erfolgen hat.

B. I. Literatur

Zahlreiche Autoren, die sich eingehend mit der Perimetrie befaßt und auch Veröffentlichungen auf diesem Gebiet verfaßt haben, empfehlen mit GOLDMANN (1969): "Zu jeder Gesichtsfeldaufnahme gehört die Bestimmung der Refraktion und die Korrektur des Auges." Zu diesen Wissenschaftlern gehören neben dem bereits erwähnten LAUBER, AULHORN (5), HARMS (64), MONJÉ (90), MONTALDI (97), SIEBECK (117), SLOAN (119) und viele andere (20, 68, 76, 77, 112).

a) Verminderte Lichtunterschiedsempfindlichkeit bei Ametropien und Presbyopie

Bei perimetrischer Untersuchung einer Myopie (64, 91), Hyperopie (91) oder Presbyopie (100) ohne Korrektur, zeigt sich nämlich eine Herabsetzung der Lichtunterschiedsempfindlichkeit. Da sich beim myopen Auge der Brennpunkt vor der Netzhaut - bei reellem Fernpunkt im Endlichen - befindet, beim hyperopen Auge aber hinter der Retina - virtueller Fernpunkt in diesem Fall hinter der Netzhaut - erfolgt keine scharfe Testpunktabbildung auf dem Augenhintergrund, sondern das Reizlicht wird über eine größere Fläche der Netzhaut verteilt. Dasselbe gilt für die Presbyopie. Das so durch eine Refraktionsanomalie entstandene unscharfe, vergrößerte Bild des Objekts mit der veränderten Verteilung der vom Prüfpunkt ausgehenden Lichtmenge und dem damit verminderten Leuchtdichteunterschied zwischen Testmarke und Umfeld ist somit die Ursache für die erwähnte Empfindlichkeitsminderung. Damit ist gleichzeitig ausgesagt, daß die Herabsetzung der Lichtempfindlichkeit bei Refraktionsanomalien nur eine scheinbare ist. Man kann sie daher auch wie MONJÉ, OFFERMANN (91) und HARMS (64) durch künstliche Myopie erzeugen.

Der Übergang von der Emmetropie zur Ametropie oder Presbyopie verursacht aber nicht nur einen zentralen Empfindlichkeitsverlust, sondern führt zu einem deutlichen Absinken der Empfindlichkeit im gesamten untersuchten Gesichtsfeldbereich (96). Dabei ist die Empfindlichkeitsabnahme in der Peripherie geringer als im parafovealen und fovealen Gebiet. Auch das weitere Absinken der Sensibilität ist im Zentrum sehr viel deutlicher als in den Randgebieten des Gesichtsfeldbereiches, wie MONJÉ und OFFERMANN (91) feststellten. Auf Grund dieser Tatsache kann man die Aussage dieser beiden Autoren verstehen: "Bei Hyperopie gleicht sich die Empfindlichkeit der Fovea auch der der Peripherie an und wird schließlich unempfindlicher als die nasale Netzhauthälfte, wenn auch der Unterschied nicht so ausgesprochen ist wie bei Myopie." Nach dem weiteren Bericht von MONJÉ und OFFERMANN findet sich bei hochgradigen Ametropien häufig nur noch ein Gesichtsfeldrest im temporalen Gesichtsfeld. Der nasale Teil der Retina ist nämlich der empfindlichste (Münsterbergscher Teilungsversuch bei 91, 124, auch 55). Mittels Korrektur ergeben sich aber in jedem Fall normale Verhältnisse, was MONTALDI und ZINGIRIAN (100) für den zentralen und parazentralen Gesichtsfeldbereich beweisen.

b) Isopteren-Gesichtsfeld

Die Grenzen des Gesichtsfeldes sind von der Helligkeit der Prüfmärke abhängig (91, u.a.). Bei Refraktionsanomalien muß es wegen der beschriebenen unscharfen Objektkontur zu einer Verengung der relativen Schwarz-Weiß-Gesichtsfelder kommen (53). Daneben ist zu berücksichtigen, daß die gleiche Netzhautstrecke bei Myopie einem kleineren, bei Hyperopie einem größeren Projektionswinkel entspricht als bei Emmetropie. Nach Lo RUSSO (83) führt jede Dioptrie bei Myopie zur Verengung, bei

Hyperopie zu einer Erweiterung des absoluten Gesichtsfeldes um durchschnittlich $1/2^\circ$. Der prismatische Effekt eines Korrekturglasses hat, wie unten noch auszuführen sein wird, bei den beiden Ametropien gerade eine umgekehrte Wirkung. Über die schon bei LAUBER (79) beschriebene konzentrische Einengung des Gesichtsfeldes, die sich manchmal nach BLATT (14) bis zu röhrenförmigen Defekten bei hochgradiger Kurzsichtigkeit steigert, finden sich in der älteren Literatur übereinstimmende Angaben (47, 109, 126, 131). Diese Erscheinung wurde bei LAUBER darauf zurückgeführt, daß im myopen Auge die Ora serrata weiter hinten liegt und die peripheren Teile der gesamten Netzhaut schlechter ernährt werden als im normalen Auge. Gleichzeitig gab der Autor jedoch die Empfehlung, bei der Wertung von peripheren Einengungen des Gesichtsfeldes bei Myopie recht kritisch vorzugehen, da seiner Meinung nach solche Einengungen für weiße Prüfmarken zweifellos vorkommen, andererseits sich mit Myopie verschiedene organische Erkrankungen verbinden können, oder auch funktionelle Störungen mitunterlaufen, worauf PFLÜGER (in 79) hingewiesen hat. 1969 stellte GOLDMANN fest: "Ob zwischen Gesichtsfeldern von Emmetropen und Ametropen ein Unterschied besteht, ist nicht sicher. Hingegen bestehen wichtige Differenzen in Lage und Ausdehnung des blinden Flecks bei korrigierten Ametropen gegenüber Emmetropen". Dieselbe Feststellung traf bereits SCHULTE (116).

c) Blinder Fleck

Viele Autoren haben sich mit den Grenzen des blinden Flecks befaßt, von MARIOTTE (1668) bis DYMSCHITZ (1929). Schon die Angaben über die normale Größe des blinden Flecks sind begreiflicherweise schwankend, da abgesehen von individuellen Eigenarten der anatomischen Verhältnisse an Netzhaut und Sehnerv die Untersuchungsmethodik

außerordentlich ausschlaggebend ist. Darauf wies BJERRUM 1892 und LAUBER 1944 hin. Trotz Einhaltung gleicher Untersuchungsbedingungen fand INCZE (71) Schwankungen am Durchmesser des blinden Flecks von etwa 50 % des Maximalwertes als Ausdruck der Variationsbreite normaler Augen, ein eindruckvolles, wenn auch unwahrscheinliches Ergebnis. 1961 erschien MONTALDIS und MAGNASCOS Arbeit über die "physiologischen Variationen und die Unterschiede in Größe und Lage des blinden Flecks in Abhängigkeit von der Untersuchungstechnik" (95). Genaue Untersuchungen der Größe und Lokalisation des blinden Flecks aus jüngerer Zeit stammen von ARMALY (3), der wie MONTALDI und MAGNASCO unterschiedliche Resultate bei der Untersuchung des blinden Flecks mit verschiedenen Methoden feststellte. In diesem Zusammenhang sei auch auf die russische Arbeit von BENSCHTEIN (13) und die von CHAMLIN (17) hingewiesen.

Die unterschiedliche Lage und Ausdehnung des blinden Flecks in Abhängigkeit von der Korrektur einer bestehenden Refraktionsanomalie stellte GOLDMANN 1969 an Hand der hochgradigen Myopie und der Aphakie dar: "Die Bilder, welche Hochmyope durch ihre Brillen auf der Netzhaut erhalten, sind kleiner als bei Emmetropen. Die Bilder aphaker Brillenträger größer. Bei gleichgroßen Brillengläsern haben die Myopen ein größeres Brillensichtsfeld, die Aphaken ein kleineres als Emmetrope. Auf das gleiche Netzhautareal findet also beim hochmyopen Brillenträger mehr Platz, beim Aphaken weniger. Deshalb bildet sich die Papille des brillentragenden Myopen als größerer blinder Fleck und etwas weiter vom Fixierpunkt entfernt im Gesichtsfeld ab. Beim Aphaken erscheint umgekehrt der blinde Fleck verkleinert und näher beim Fixierpunkt als beim Emmetropen". Zu diesem Ergebnis kamen auch ZINGIRIAN und CARBONE (134). Bei Myopie liegt

also der blinde Fleck mit seiner nasalen Grenze näher dem Fixierpunkt als bei Emmetropie. LAUBER (79) schreibt dazu: "Dieses hängt damit zusammen, daß derselben linearen Ausdehnung im myopischen Auge ein geringerer Winkelwert entspricht". Daß der blinde Fleck bei größerer Hyperopie umgekehrt in die Peripherie rückt und vergrößert erscheint, ist eine Beobachtung, die schon De VINCENTIIS (129) und Lo RUSSO (83) beschrieben haben.

KOTTOW, KLEINER und DIAZ (76) vergleichen nicht die Ergebnisse der perimetrischen Untersuchung korrigierter Refraktionsanomalien mit der Emmetropie, sondern speziell mit unkorrigierter Presbyopie, wobei sie eine fälschliche Vergrößerung des blinden Flecks bei Prüfung des Gesichtsfeldes ohne Korrektur fanden. SCHULTE (116) entdeckte mittels Kampimetrie (2 m Untersuchungsabstand), daß sich nach Ausgleich einer natürlichen Myopie der blinde Fleck relativ größer darstellt als im unkorrigierten Auge, wobei gleichzeitig sein Mittelpunkt etwas entfernter vom Fixierpunkt zu liegen kommt.

d) Refraktionsskotome

Da bei Wölbungsanomalien am Fundus ähnliche Verhältnisse bezüglich der Schärfe der Objektkontur vorzufinden sind wie bei Refraktionsfehlern, worauf KRUSE und UTERMANN (77) hinwiesen, soll als letzter Punkt unserer literarischen Zusammenstellung auf die sog. refraktionsbedingten relativen Skotome eingegangen werden.

Zwischen verschiedenen Funduspartien vorliegende Niveaudifferenzen können dazu führen, daß das Prüfobjekt zur Gesichtsfeldbestimmung unscharf abgebildet, dadurch nach KOMMERELL (1969) unterschwellig wird, und sich so in dem

entsprechenden Gesichtsfeldareal ein relatives Skotom, das "Refraktionsskotom" findet.

Abweichungen von der sphärischen Wölbung des Augapfels mit Niveauverlagerungen des Augenhintergrundes im Sinn einer Fundusektasie oder Prominenz, etwa bei Staphylomen unterhalb der Papille, werden im allgemeinen durch eine Störung beim Schluß der Becherspalte erklärt (75,113,46,65). Eine Fundusektasie, die speziell dem temporalen Bereich betrifft und einer umschriebenen Myopie entspricht, kann ebenfalls als Mißbildung gedeutet werden. "Ob ein derartiger Befund allerdings als Fortbestehen einer fötalen Entwicklungsstufe erklärt werden kann, bleibt mangels weiterer Kasuistik ungewiß (1)". In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß der Übergang zwischen einer temporalen Ektasie und einer Prominenz des nasalen Augenhintergrundes gleichmäßig (75) oder in Form einer Stufe (31) erfolgen kann. Störungen im Entwicklungsverlauf der primitiven Papilla epithelialis manifestieren sich als Taschenbildungen im Papillenberg, atypische Gefäßeintritte und heterotypische Koni, die mit einer Ausbuchtung der angrenzenden Funduspartien vergesellschaftet sind (77). Die von A.v. SZILY im Zusammenhang mit medialer Fundusektasie geprägte Bezeichnung "Astigmatismus fundi" für eine astigmatische Krümmung des Fundus sollte nach SIEBECK (117) am besten aus dem ophthalmologischen Sprachgebrauch verschwinden, da eine astigmatische Wölbungsunregelmäßigkeit des Augenhintergrundes nicht Ursache eines Astigmatismus sein, wohl aber eine Bildverzerrung verursachen kann.

Die in Folge der erwähnten Niveauunterschiede im Bereich des Augenhintergrundes auffindbaren Skotome bekommen dadurch für uns besondere Bedeutung, daß sie durch ent-

sprechende Glaskorrektur, welche die zwischen den Funduspartien bestehenden jeweiligen Refraktionsdifferenzen ausgleicht, aus dem Gesichtsfeld eliminiert werden können (77,59). Das gilt auch für die refraktionsbedingten Skotome bei sog. atypischen Funduskolobomen (113) und die von AULHORN (6) erwähnten Amotioblasen. Frau AULHORN schreibt in diesem Zusammenhang sogar: "Es kann ein absoluter Gesichtsfeldausfall vorgetäuscht werden, wenn der Prüfpunkt nur als Streukreis mangels Refraktionsausgleich abgebildet wird". Man kann sogar die Höhe eines Aderhautmelanoms oder einer Carcinometastase durch Vorsetzen von Plusgläsern messen. Die Höhe des Tumors ist dabei gleich der Dioptriendifferenz zwischen maculärer Refraktion und der Korrektur, bei der das Refraktiv-Skotom am kleinsten ist (112).

Auch die von NEWMAN (104) erwähnten refraktionsbedingten Skotome und die größeren Defekte bei hochgradiger Ametropie, bei welchen nur ein Rest im temporalen Gesichtsfeld erhalten bleibt (91), verschwinden dank genauer Korrektur der lokalen Ametropie ebenso wie die schon von ANDERSEN (2) mit dem Projektionsperimeter nach MAGGIORE bei höhergradig Myopen nachgewiesenen Ringskotome. Dasselbe gilt für GOLDMANN'S Bogenskotome (54), die von einer leichten Fundus-Vertiefung unterhalb der Papille herrühren, entsprechend einem angedeuteten Funduskolobom. Skotome im Gebiet zwischen 10° und 20° Exzentrizität, also scheinbare Funktionsausfälle im Bjerrum-Areal bei hochgradig Myopen, müssen nach MAZZANTITI und GLORIA (87) nicht unbedingt für morphopathologische Veränderungen sprechen. Da sich diese Skotome in der Gegend des Gefäßverlaufes befinden, scheint eine Verbreiterung der Angioskotome (15) durch die Unschärfe der Abbildung des Prüfpunktes und die dadurch verursachte Herabsetzung der Unterschiedsschwelle in diesem Gebiet die Ursache dieser Skotome zu sein, die bei korrigierter Myopie nicht gefunden werden.

Aus der kurzen literarischen Betrachtung leitet sich für den Untersucher von Gesichtsfeldern die Forderung ab, die Veränderung eines gefundenen Skotoms durch Vorsetzen von Plus- und Minusgläsern zu untersuchen und so unter Umständen dessen Irrealität aufzudecken. Auf diese Weise werden auch beliebte neurologische Fehldiagnosen, z.B. bei binasalen Refraktionsskotomen, wie sie KOMMERELL 1969 beschrieben hat, vermieden.

II. Eigene Untersuchungen

Um den Einfluß der Refraktionsanomalien auf das Gesichtsfeld feststellen zu können, untersuchten wir Probanden mit Myopie, Presbyopie, Presbyopie-Hyperopie, Hyperopie und emmetrope Vergleichspersonen mittels kinetischer und statisch quantitativer Perimetrie.

Unter kinetischer oder Kontur-Perimetrie (54) verstehen wir dabei eine Untersuchungstechnik, bei welcher mit einem Prüfpunkt, der sich um die Leuchtdichte ΔJ vom Umfeld mit der Leuchtdichte J abhebt, jener Ort im Gesichtsfeld aufgesucht wird, wo man ihn eben wahrnimmt. Die Verbindung von Netzhautstellen mit gleichem $\frac{J}{\Delta J}$ -Quotienten, welcher die Empfindlichkeit kennzeichnet, ergibt die Isopteren. Die statische oder Profil-Perimetrie ist dadurch charakterisiert, "daß man für jede gewählte Stelle des Gesichtsfeldes den entsprechenden $\frac{J}{\Delta J}$ - Quotienten sucht. Prüft man längs einer in unserem Fall geraden Linie bei 0° - 180° ein Stück des Gesichtsfeldes in dieser Weise, erhält man ein Empfindlichkeitsprofil längs des Horizontal-Meridians (GOLDMANN 1969)".

a) Gerät und Untersuchungsvorbereitungen

1. Tübinger Perimeter

Zur Durchführung dieser beiden Untersuchungsverfahren verwendeten wir das Tübinger Perimeter, ein von HARMS (1961) entwickeltes Universalgerät (Firma Oculus in Dutenhofen über Wetzlar). Bei diesem Gerät handelt es sich um ein typisches Halbkugelprojektionsperimeter, dessen Halbkugel Umfeld und Prüffläche zugleich ist. Die Leuchtdichten der Grundhelligkeit und die des Prüfobjekts sind dabei meßbar veränderlich. Die Helligkeits-

angaben erfolgen entweder in Leuchtdichteinheiten (Apostilb gleich asb) oder in adäquaten, stets zweistelligen Deckzahl-Einheiten (DZ). Diese kennzeichnen numerisch die Helligkeitsabstufung in logarithmischen (erste Ziffer) und 1/10 logarithmischen Dekaden (zweite Ziffer) und sind identisch mit den Nummern der zur Lichtabschwächung benutzten Graufilterscheiben. Je mehr Licht diese durchlassen, umso kleiner ist die Deckzahl bei entsprechend höherer Leuchtdichte in asb.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die erwähnten Untersuchungsmethoden auch mit dem Goldmann Perimeter (Firma Haag & Streit in Bern/Liebefeld) ausgeführt werden können (50,51). Speziell für die statisch quantitative Perimetrie wird dazu jedoch eine Zusatzeinrichtung benötigt (36,74,130). Wir gaben jedoch dem Tübinger Perimeter von Harms den Vorzug, da es unseres Erachtens für wissenschaftliches Arbeiten besonders geeignet ist. Die Abbildung 1 zeigt unser Gerät von der Untersucherseite. In Bild 2 erkennt man die Elektronik für den Prüfpunkt-Impulsgeber sowie die Einrichtung zur Geschwindigkeitsregulierung der Testmarken-Dekaden- und Stufenfilter, welche eine genaue Leuchtdichte-Einstellung ermöglicht.

2. Umfeld und Adaptation

Das Gesichtsfeld ist, um mit GOLDMANN (1969) zu sprechen, ein Kontinuum mit Wechselwirkung verschiedener Stellen, obwohl die Rezeptorenschicht der Retina gewissermaßen ein Mosaik darstellt. Der Zustand eines gesamten Kontinuums beeinflusst bei einem Kontinuum die Eigenschaften einzelner Orte: Das nennen wir Adaptation. Wir ließen unsere Patienten ca. 5 Min. am mit 10 asb (gleich maximale Grundhelligkeit) konstant beleuchteten Perimeter voradaptieren

(GOLDMANN empfiehlt 2 bis 3 Min.), ältere Patienten länger. Diese Zeit reicht aus, wenn man bedenkt, daß der sog. Kohlrausch-Knick in der Kurve der Dunkeladaptation etwa nach 5 Min. auftritt, und die Leuchtdichte von 10 asb (DZ 20) die untere Grenze des photopischen Sehens darstellt (111). Die Untersuchung kann übrigens auch im mesopischen Bereich durchgeführt werden (10^1 bis 10^{-2} asb, z.B. 0,25 asb), was die Entdeckung von Funktionsstörungen infolge flacheren Empfindlichkeitsgefälles erleichtern kann. Außerdem ist in diesem Fall das Auflösungsvermögen innerhalb einer 20° vom Fixierpunkt befindlichen Isoptere konstant (97,98). Indem wir also den Adaptationszustand des Auges dem Leuchtdichtezustand des Perimeter-Umfelds optimal anpaßten, konnten wir dann bei der Gesichtsfeldprüfung maximale Unterschiedsempfindlichkeit und größte Wahrnehmungsgeschwindigkeit (114) erwarten. Den Zusammenhang Adaptationszustand - Lichtempfindlichkeit einer Netzhautstelle hat HARMS (64) bereits deutlich dargestellt.

3. Einstellung des Patienten-Auges

Während der Voradaptation des Patienten wurden dessen Alter und der Refraktionszustand beider Augen notiert. Die Stärke der Refraktionsanomalie und der Visus wurden bereits zu einem früheren Zeitpunkt bestimmt. Für unsere Untersuchungen kamen nur Personen in Frage, die unter Korrektur volle Sehschärfe (Visus 1 bis 1,2) erreichten und Nieden I/33 cm (27) lesen konnten. Der Fundus des zu prüfenden Auges mußte regelrecht, die brechenden Medien klar sein. Weiterhin erfolgte in diesem Zeitraum die genaue Einstellung des Probandenkopfes (127), wobei darauf zu achten war, daß die Augenebene horizontal, die Frontalebene des Kopfes vertikal war. Zugleich wurde die Pupille des zu untersuchenden Auges ge-

nau mit dem Fadenkreuz des Fernrohres zur Deckung gebracht und somit das Auge zentriert. Daneben waren wir darum bemüht, den Abstand Hornhautscheitel des Patientenauges- Ebene des herausgeklappten Brillenglashalters auf 1,2 cm, bei tieferliegenden Augen 1,5 cm einzustellen. Die Halterung für die Korrekturgläser mit einem Durchmesser von 35 mm ist dabei 33 cm vom Fixierpunkt entfernt. Das andere Auge wurde mit Hilfe einer halbdurchsichtigen Opal-Augenmuschel abgedeckt, halbdurchsichtig deshalb, damit Adaptationszustand und Pupillenweite des zu untersuchenden Auges möglichst nicht beeinflusst wurden.

Während dieser Vorbereitungen machten wir den Patienten mit der von ihm zu leistenden Aufgabe vertraut, etwa mit den Worten: "Blicken Sie bitte ruhig geradeaus auf den roten Punkt in der Mitte". Diese Aufforderung zu guter Fixation wiederholten wir zumindest am Anfang der Untersuchung. Auch wurde der Versuchsperson die rasche Betätigung des Summers im ersten Moment bei Wahrnehmung eines weißen Punktes nahegelegt. Jetzt war es an der Zeit, die Fernrohröffnung in der Halbkugel des Perimeters, die jeweils in der Gegend des blinden Flecks des untersuchten Patientenauges liegt, so lange durch Drehen des Projektionsgrundes zu verschieben, bis sie völlig auf der Papille abgebildet wurde. Dies hat den Vorteil, daß der Patient bei Fixation der Kugelmitte ein völlig gleichmäßiges Umfeld ohne Konturen sieht.

4. Fixierpunkt

Für das bereits erwähnte Fixierzeichen wählten wir eine Leuchtdichte, die um 100 asb (DZ 010) heller war als das Umfeld. Daß vor der Untersuchung eine genaueste Leucht-

dichteeichung des Fixierpunktes, Umfelds und Prüfpunktes mit einem Spezialleuchtdichtemesser (nicht Belichtungsmesser) unter Betätigung der drei zugehörigen Eichpotentiometer erfolgte, braucht wohl nicht betont zu werden. Die Größe der runden Fixiermarke betrug 30', bei älteren Patienten auch 1°; die Farbe war einer Empfehlung von HARMS (64) zufolge dunkelrot (dämmerwertfreies Rot), weshalb im Endeffekt das Fixationszeichen natürlich nicht den Helligkeitswert 100 asb erreichte. Somit erfüllten wir die Schobersche Forderung (1969), wonach das Fixationszeichen in seinem Reizniveau nicht entscheidend über demjenigen des Testobjekts, auf das wir noch zu sprechen kommen, hinausragen soll, da es sonst zuviel Aufmerksamkeit auf sich zieht.

Die beschriebene Einstellung des Fixierpunktes ist naturgemäß nicht für Untersuchungen im Netzhautzentrum geeignet. Für Messungen in diesem Bezirk wählten wir ein Zeichen in Form von vier roten Punkten, die gleichmäßig verteilt auf einem Außendurchmesser von 2° oder auch 5° angeordnet waren, wobei die Einzelpunkte 10' resp. 30' Durchmesser hatten.

5. Prüfpunkt

Die Größe des weißen Prüfpunktes geeichter Leuchtdichte betrug konstant 10', VAV (visual acuity values) 0,63. Die Testmarke wurde deshalb so klein gewählt, um auf diese Weise auch kleine Netzhautstellen reizen zu können und möglichst kein Funktionsgefälle in dem geprüften Bereich zu haben. Deshalb ist die Variationsbreite der Sensibilität mit kleinem Objekt geringer und somit eine Perimetrie mit kleiner Marke empfindlicher gegenüber großen Testpunkten. Auch empfehlen verschiedene Autoren die Verwendung

kleiner Prüfobjekte (61, 63, 70, 85, 112). Die Unterschiede zwischen Profilen, die mit kleinem Reizfleck und solchen, die mit großem aufgenommen werden, sind zwar im Zentrum nicht nennenswert, werden aber weiter peripher beträchtlich (8). Eine entsprechende Darstellung findet sich bei FORSTOT, WEINSTEIN und FEICOCK (1970).

b) Messungen

1. Reihenfolge der Untersuchungsverfahren

Normalerweise untersucht der Augenarzt das Gesichtsfeld mit kinetischer Perimetrie, um dann die Profil-Perimetrie gezielt einsetzen zu können. Dies gilt auch für die zirkuläre statische Perimetrie. Wir entschlossen uns jedoch zu einer umgekehrten Verfahrensweise, um an Hand der Ergebnisse der statischen Perimetrie die effektivsten Helligkeiten des Prüfpunktes für die Isopteren wählen zu können. Da die statisch quantitative Untersuchung des ganzen Gesichtsfeldes eine zeitraubende Angelegenheit ist, begnügten wir uns, den 0° - 180° Meridian abzutasten. Der Ophthalmologe dagegen wird immer den Meridian wählen, welcher ihm im speziellen Fall ein Maximum an Informationen zu liefern verspricht.

2. Profil-Perimetrie

Mit der statischen Untersuchung begannen wir bei genau 0° , also im Zentrum, unter Verwendung eines 4-Punkt-Fixierzeichens. Der Netzhautort war konstant, weshalb bei dieser Methode keine Fehler der bewegten Marke auftraten, ebenso die Prüfpunktgröße und die Hintergrundhelligkeit. Als einzigen Parameter variierten wir die Testzeichen-Leuchtdichte, deren Abstufung auch leichter durchführbar ist als

die Veränderung der Objektgröße. Es wurde mit einem überschwelligen Wert begonnen, damit der Patient den Ort des Auftauchens der Prüfmarke kannte. Im weiteren Verlauf bot man eine unterschwellige Testmarkenintensität an, genauer gesagt einen zunächst nicht wahrnehmbaren Leuchtdichteunterschied, der Schritt für Schritt in logarithmischer Progression gesteigert wurde. Die große Zahl der möglichen Leuchtdichtestufen ist dabei der besondere Vorteil der statischen Perimetrie. Gab der Untersuchte durch Betätigung des Summers an, daß er den Reizfleck wahrgenommen hat, wurde die nächst schwächere Intensität nocheinmal dargeboten. Meistens wurde die Testmarke dann auch noch wahrgenommen. Diese Verfahrensweise orientiert sich an GOLDMANN und steht im Gegensatz zu MONTALDI und ZINGIRIAN (97), die den Mittelwert aus drei Schwellenbestimmungen als Ergebnis wählen. Der gewonnene Schwellenwert kennzeichnet die Unterschiedsempfindlichkeit bei 0^0 , da der Prüfpunkt um x asb heller als das Umfeld ist. Diese Methode der quantitativen Erfassung macht die Aufgabe für die Versuchsperson sehr einfach, da sie nur zwischen Sehen und Nicht-Sehen zu entscheiden hat. Informationstheoretisch gesprochen, beträgt die nötige Informationsmenge nur 1 bit.

Besondere Beachtung verdient die Tatsache, daß die Darbietungsdauer des Testpunkts etwa 1 sec. betragen soll, und zwar konstant, um immer denselben Erregungszustand zu erreichen. Diese Zeit konnte dank des elektronischen Prüfpunkt-Impulsgebers eingehalten werden. Bei sehr kurzen Darbietungszeiten ist nämlich zur Erkennung des Prüfflecks eine hohe Leuchtdichte nötig, bei etwas längerer Reizdauer eine geringere: Es erfolgt hier nach HARMS (1969) eine zeitliche Summation des

Reizes. Wird das Objekt sehr viel länger als 1 sec. angeboten, kommt es zu einer Änderung der örtlichen Adaptation. Wir ließen zur Vermeidung etwaiger Lokaladaptation jedem Objekt-Angebot 3 sec. Pause folgen und arbeiteten nur im schwelennahen Leuchtdichtebereich.

Nachdem nun der von der Versuchsperson angegebene Schwellenwert in dem speziellen Registrier-Schema für 0° eingetragen worden war, folgte dieselbe Prüfweise bei 1° Exzentrizität, 2° und dann in Abständen von 2° bis $2\frac{1}{2}^{\circ}$, um im Bereich des zu erwartenden blinden Flecks wieder Grad für Grad bis zum normalen Niveau der Schwellenkurve zu untersuchen. Stets wurde bei Prüfung des rechten Auges erst die nasale Netzhauthälfte, beim linken Auge zunächst die temporale Seite und dann die heteronyme abgetastet. Dabei legten wir nach jedem Abschnitt eine Pause ein, zumal dann, wenn sich der Untersuchte über Verschwimmen und angebliches Wandern des Fixierpunkts beklagte. Die Reihenfolge der statisch quantitativen Untersuchungen mit und ohne Brillenglas erfolgte so, daß wir das Profil der ersten 35 Patienten zunächst mit und dann ohne Korrektur, das der weiteren Probanden erst ohne und darauf mit Ausgleich ihrer Refraktionsanomalie bestimmten.

Verfahrenstechnisch ist noch zu beachten, daß bei Untersuchung von Netzhautorten mit einer Exzentrizität von größer 2° das 1-Punkt-Fixierzeichen zu verwenden, und bei Testung des Gebiets zwischen $13\frac{1}{2}^{\circ}$ und 16° auf dem 0° - 180° -Meridian die Öffnung in der Projektionskugel ohne Umfeldhelligkeitsveränderung (!) auszublenden ist. Da wir den Horizontal-Meridian nur bis 30° Exzentrizität prüften, konnten wir durch entsprechende Wahl der Übersetzung zwischen Registriervorrichtung und Antrieb des Prüfpunktes (60) 3-fache Genauigkeit erzielen.

Durch Verbinden der mit und ohne Korrektur erhaltenen Schwellenwerte entstanden für jedes untersuchte Auge zwei Schwellenwerts- oder Empfindlichkeitskurven, welche die sog. "Funktionsfläche" (64) umschließen. Diese gibt uns nämlich anschaulichen Überblick über die Leistungsfähigkeit der Retina im Bereich des 0° - 180° -Meridians. Da der von uns festgelegte Prüf-ort konstant und in der Abszisse, der vom Untersuchten wahrgenommene Leuchtdichteunterschied veränderlich und in der Ordinate des Schemas aufgetragen ist, können wir diese statische Schwellenbestimmung mit AULHORN(7) auch als ordinatenparallele Untersuchung bezeichnen.

3. Isopteren-Perimetrie

Auf die statische folgte die topographische gleich Isopteren-Perimetrie. Bei diesem Verfahren wird ein konstant leuchtendes Testobjekt über verschiedene Rezeptorenfelder der Netzhaut hinweggeführt. Die Untersuchungsrichtung ist somit abszissenparallel (7). Bei Wahrnehmung der Reizmarke betätigt der Proband den Summer. Die Einstellung des Fixierpunktes war bei unserer kinetischen Gesichtsfelduntersuchung dieselbe wie bei der statischen: $30'$, 100 asb (DZ 010), rot. Die Prüfpunktgröße wurde gegenüber der Profil-Perimetrie ebenfalls unverändert bei $10'$ belassen. Die Wahl einer anderen Testmarke hätte eine Veränderung der relativen Gesichtsfeldgrenzen bewirkt, wodurch das Isopteren-Gesichtsfeld nicht mehr mit dem zugehörigen Profil vergleichbar gewesen wäre. Dafür variierten wir den Parameter Leuchtdichte. Die Helligkeit des Reizflecks wurde aufgrund der aus dem Profil gewonnenen Informationen gewählt, wobei wir uns nicht an den empfohlenen

Standardeinstellungen mit den Deckzahlen 00 (1000 asb), 10 (100 asb), 15 (32 asb), 20 (10 asb), 22 (6,3 asb) und 25 (3,2 asb) orientierten (8). Wir wollten ja Gesichtsfelder erhalten, die bei derselben Markenleuchtdichte unterschiedliche Lagen der mit und ohne Korrektur aufgezeichneten Isopteren aufwiesen. Hätten wir die Prüfpunkthelligkeit für alle Fälle von vornherein festgelegt, wäre u.U. die Testmarke schon bei 30° , also am Rande unseres Registrierbereichs sichtbar gewesen, oder eine zentrale Isoptere hätte sich ohne Korrektur gar nicht darstellen lassen.

Von besonderer Bedeutung für exakte Perimetrie ist die Geschwindigkeit der Testobjekts-Bewegung. Erfolgt sie zu rasch, treten infolge des Reaktions-Zeitbedarfs des Patienten Fehler auf. Bei zu langsamer Führung des Prüfpunktes kommt es zur Lokaladaptation. Wir gingen daher folgendermaßen vor: Da wir die vermutliche Lage der Isopteren bereits aus dem Profil ersehen konnten, bewegten wir den Reizpunkt rasch bis auf einige Grad an den kritischen Bereich heran, um dann mit einer konstanten Geschwindigkeit von $1-2^{\circ}/\text{sec.}$ das Zielgebiet zu erreichen. Die Betonung liegt dabei auch auf konstant, denn als Gesichtsfeldprüfer hat man die Tendenz, die Bewegung zu verzögern, wenn die Antwort des Untersuchten erwartet wird. Die in der Literatur empfohlenen Geschwindigkeiten betragen $2^{\circ}/\text{sec.}$ (HOMMER 1970) oder $1-2^{\circ}/\text{sec.}$ (GOLDMANN Nr. 52).

Um unsere Untersuchungen nicht allzu lang auszudehnen, bestimmten wir die Punkte gleicher Empfindlichkeit nur auf voneinander um 30° entfernten Meridianen und stets nur mit zentripetaler Untersuchungsrichtung. MONTALDI und ZINGIRIAN (97) dagegen wählen bei der kinetischen Methode einen Mittelwert aus den Ergebnissen, die man erhält, wenn man einmal von der Peripherie gegen das Zen-

trum fortschreitend zum Ort des Auftauchens und dann wiederum vom Zentrum zur Peripherie fortschreitend zum Ort des Verschwindens der Marke gelangt. Durch Verbindung der Orte gleichen Sehvermögens erhielten wir die typischen Isopteren.

4. Untersuchung des blinden Flecks

Eine besondere Untersuchungstechnik verlangt die Darstellung des blinden Flecks im Gesichtsfeld; die Bezeichnung "blinder Fleck" sollte dabei im Sprachgebrauch nicht gleich Papille gesetzt werden. Der blinde Fleck wird, wie ganz allgemein Skotome, längs Linien stärksten Empfindlichkeitsgefälles perimetriert, also senkrecht zum Rand des blinden Flecks (50). Wir stellten also unsere Prüfmarke, noch unschwellig, in das Zentrum der zu erwartenden Ausdehnung des blinden Flecks, gaben ihr jetzt eine dem Empfindlichkeitsniveau der Umgebung angepaßte Helligkeit, und bewegten sie auf die Grenze des blinden Flecks zu. So wurde auch hier DARLEY's Forderung erfüllt: "Work consistently from nonseeing to seeing areas (21)!" Auf die schon von INCZE (71) empfohlene Untersuchungsrichtung sei deshalb hingewiesen, weil aus begreiflichen Gründen die Angaben über die Grenze bei einer Heranführung von außen eine Verkleinerung, bei einer Näherung von innen eine Vergrößerung des blinden Flecks darstellt. Es sei noch erwähnt, daß der blinde Fleck ebenso wie die Isopteren und Profile einmal mit und einmal ohne Korrektur bestimmt wurde.

5. Pupillenmessung

Nach Abschluß der Gesichtsfelduntersuchung erfolgte jeweils die Ermittlung der Pupillenweite des noch adap-

tierten Auges, da die "Aperturblende des in das Auge eintretenden Strahlenbüschels" (117) Einfluß auf die Sehschärfe (4), die Empfindlichkeit der Netzhaut (94) und somit auf das Gesichtsfeld hat. Leider besitzt das Tübinger Perimeter keine Skala im Kontroll-Ocular zur Messung des Pupillendurchmessers wie das Goldmann Perimeter; wir verwendeten daher zu diesem Zweck eine Vergleichsskala von 1 bis 10 mm mit 1/2 mm-Abstufung.

c) Auswertung

1. Auszeichnen der Kurven

Nach Entlassung der Versuchsperson aus unserem Dunkelraum, welcher uns ja erst die Einhaltung geeichter Umfeld-, Fixierpunkt- und Prüfmarkenhelligkeiten ermöglichte, wurden die Profile und Isopteren durch Verbinden der Schwellenwerte ausgezeichnet. Da man in unserer Klinik gewöhnt ist, die Gesichtsfelder seitenverkehrt zu lesen, erfolgte eine spiegelbildliche Darstellung der Kurven mit Hilfe eines Lichtkastens auf die Rückseite der Formulare, auf welcher jedoch keine feine Gradeinteilung vorhanden ist. Dadurch wird die Kollation der Tabellen mit den Kurven etwas erschwert. Dafür beginnt auf dem Schema für das Isopteren-Gesichtsfeld die Notierung der Winkelgrade vom Untersucher aus gesehen rechts horizontal mit 0° und endet links mit 180° , über den oberen Kreisbogen weiterzählend. Somit ergibt sich eine dem TABO-Schema (27) entsprechende Einteilung.

2. Computer-Berechnung

Die Auswertung unserer Ergebnisse erfolgte mittels Digitalrechner, da man mit dem Rechenschieber hierfür immen-

se Zeit benötigt hätte. Dazu wurden die gewünschten Rechenschritte in eine problemorientierte Computersprache, in unserem Fall ALGOL (ALGOarithmic Language) übertragen (Übersetzungsprogramm ALCOR, d.h. ALGOL-Compiler; HERSCHEL 1969). Die 80-spaltigen Steuerkarten (blau), Programmkarten (gelb) und Datenkarten (weiß) wurden mittels Kartenlocher IBM 29 gelocht. Die Berechnung erfolgte im Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung der Technischen Fakultät mit der elektronischen Rechenanlage CD 3300. Zeitbedarf für 3 Programme: $1 + 3 + 3$ sec.

d) Versuchspersonen

Den Einfluß der Refraktionsanomalien auf die kinetische und statisch quantitative Perimetrie stellten wir durch die Untersuchung von 94 Probanden mit Hilfe des Tübinger Perimeters fest. Davon waren 40 Personen myop, 40 presbyop und presbyop-hyperop. Zur besseren Übersicht bei der Auswertung teilten wir die Myopen ebenso wie die Presbyopen und Presbyop-Hyperopen in je 4 Gruppen ein, wobei die Zugehörigkeit zu einer Abteilung durch die Stärke der Refraktionsanomalie bestimmt wurde. Somit ergab sich folgende Gliederung:

Gruppe A: -5,0 bis -4,0 dptr.,
Gruppe B: -3,75 bis -3,0 dptr.,
Gruppe C: -2,75 bis -2,0 dptr. und
Gruppe D: -1,75 bis -0,75 dptr.

Zu jeder Einheit gehörten dabei je 10 Versuchspersonen (Tabelle 1). Dieses Kollektiv myoper Probanden rekrutierten sich hauptsächlich aus Studenten.

Die Einteilung der Presbyopen und Presbyop-Hyperopen sieht folgendermaßen aus:

Gruppe E: +0,75 bis 1,75 dptr.,

Gruppe F: +2,0 bis 2,75 dptr.,

Gruppe G: +3,0 bis 3,75 dptr.,

Gruppe H: +4,0 bis 5,0 dptr.

Jede Gruppe zählt wiederum 10 Versuchspersonen (Tabelle 17).

Hier waren es naturgemäß ältere ambulante und stationäre Patienten, die für die Untersuchung in Frage kamen.

Auch das Personal unserer Klinik stellte sich zur Verfügung. Die restlichen 14 Personen können in dieses Schema nicht eingeordnet werden:

Je 2 myope und 2 presbyope Probanden mit einer Refraktion von nur - , resp. + 0,5 dptr, ein jugendlich Hypermetroper und je ein Myoper und Presbyop-Hyperoper mit einer Refraktionsanomalie größer $\pm$ 5 dptr. Dazu haben wir 7 emmetrope Personen untersucht, wobei das Profil und Isopteren-Gesichtsfeld eines emmetropen Studenten und einer etwas älteren Probandin speziell in den Ausführungen berücksichtigt werden.

III. Ergebnisse

a) Resultate der einzelnen Gruppen

Bevor wir mit der Besprechung der einzelnen Probandengruppen beginnen, sind noch einige Vorbemerkungen nötig: Die von einer Abteilung erhaltenen Ergebnisse sind stets in 3 Tabellen zusammengefaßt. In der ersten finden sich dabei jeweils die bei 0° ($J_K 0^\circ$ und $J_S 0^\circ$) und einer temporalen und nasalen Exzentrizität von 25° im Gesichtsfeld ($J_K 25^\circ$ temp., $J_S 25^\circ$ temp. bzw. $J_K 25^\circ$ nas. und $J_S 25^\circ$ nas.) gemessenem Schwellenleuchtdichten. J_K bedeutet dabei, daß der Schwellenwert mit Ausgleich der bestehenden Refraktionsanomalie, und J_S , daß er ohne Korrektur gemessen wurde. Die Angaben erfolgen naturgemäß in asb und den entsprechenden Deckzahlen, welche die gleichabständigen logarithmischen Leuchtdichtestufen kennzeichnen. Zur raschen Orientierung haben wir für die einzelnen Gruppen jeweils die Mittelwerte aus den bei 0° und 25° temporal bzw. nasal gewonnenen Resultaten gebildet und sie zusammen mit den zugehörigen Minima und Maxima in den Tabellen 14 a, b, c (Myopie) und 30 a, b, c (Presbyopie, Presbyopie-Hyperopie) übersichtlich angeordnet.

Neben jedem Schwellenwert findet sich jeweils in der ersten Tabelle eine dimensionslose Zahl, die Empfindlichkeit E dieser Netzhautstelle. Sie wird charakterisiert durch die Formel:

$$E = \frac{J}{\Delta J}$$

Dabei ist J die Leuchtdichte des Umfelds und ΔJ die Schwellenhelligkeit des Prüfflecks, mit der sich dieser vom Untergrund abhebt, beide in asb. Selbstverständlich bestimmten wir die Empfindlichkeit nicht nur an den er-

wählten Netzhautorten, sondern im gesamten Bereich von 30° temporal bis 30° nasal auf dem 0° - 180° Meridian. Für die Auswertung begnügten wir uns jedoch mit den drei Punkten 0° , 25° temporal und 25° nasal.

In der zweiten Tabelle für die einzelnen Gruppen finden wir einmal die bei 0° ohne Korrektur gemessenen Empfindlichkeiten, ausgedrückt in Prozent des mit Brillenglas bei Prüfung der Fovea centralis erhaltenen Wertes ($E_S 0^{\circ}$ % von $E_K 0^{\circ}$). Des weiteren werden hier die Empfindlichkeiten aufgeführt, welche sich für einen 25° vom Zentrum entfernten Ort errechnen lassen. $E 25^{\circ}$ % von $E_K 0^{\circ}$ m.K. besagt dabei nichts anderes, als daß sich die unter dieser Rubrik stehenden Empfindlichkeitswerte aus der mit Korrektur (m.K.) bei 25° gemessenen Schwellenleuchtdichten errechnen und in Prozent der ebenfalls mit Refraktionsausgleich bestimmten Sensibilitäten bei 0° ausgedrückt werden. $E 25^{\circ}$ % von $E_S 0^{\circ}$ o.K. hat dieselbe Bedeutung, nur wurden die Ergebnisse in dieser Spalte bei der statischen Perimetrie ohne Korrektur (o.K.) gewonnen. Der jeweilige Zusatz temp. oder nas. bringt die temporale resp. nasale Exzentrizität des geprüften Ortes im Gesichtsfeld und nicht auf der Retina zum Ausdruck. Daß einem im temporalen Gesichtsfeldbereich untersuchten Punkt ein nasales Netzhautareal und einer in der nasalen Gesichtsfeldhälfte geprüften Stelle ein temporaler Retina-Bezirk entspricht, wird hier vollständigkeithalber erwähnt.

Um die Empfindlichkeit einer Netzhautstelle B in Prozent einer anderen (A) überhaupt ausdrücken zu können, haben wir für die Computer-Berechnung folgende Formel aufgestellt:

$$E = \frac{J_A \cdot 100}{J_B} \quad (\%)$$

Danach ist die Sensibilität gleich dem Quotienten aus der Schwellenleuchtdichte am Punkt A (J_A) und dem Leuchtdichte-Schwellenwert am Netzhautort B (J_B), multipliziert mit dem Faktor 100. Es gilt nämlich:

$$\frac{J}{J_A} \wedge 100 \%$$

$$\frac{J}{J_B} \wedge x \%$$

$$x = \frac{\frac{J \cdot 100}{J_B}}{\frac{J}{J_A}} = \frac{J_A \cdot 100}{J_B} \quad \text{q.e.d.}$$

Der Empfindlichkeitsverlust des Ortes B gegenüber A ist somit:

$$100 \left(1 - \frac{J_A}{J_B} \right) \%$$

Zusammenfassend wurden aus den in der zweiten Tabelle jeder Gruppe zusammengestellten Sensibilitätswerten jeweils die Mittelwerte gebildet, welche gesondert neben den Minima und Maxima in den Tabellen 15 a,b,c für Myope und in den Tabellen 31 a,b,c für Presbyope und Presbyop-Hyperope geführt werden. Daneben finden sich gleichzeitig die jeweils zum minimalen, maximalen und Durchschnittswert errechneten Sensibilitätsabnahmen bzw. Empfindlichkeitsverluste.

Die Überschrift $\log \frac{J_K}{J_S} 0^\circ$ in der zweiten Tabelle jeder Abteilung besagt, daß in dieser Rubrik die Differenzen zwischen den Schwellenwerten J_K und J_S bei 0° in 1/10

logarithmischen Dekaden aufgereiht sind. Der Logarithmus des Quotienten aus der mit und ohne Korrektur bestimmten Schwellenleuchtdichte der Fovea centralis ist nämlich aufgrund der logarithmischen Beziehung zwischen Leuchtdichte in asb und Deckzahl mit diesen Unterschiedswert identisch. Der aus den zwei Schwellen gebildete Quotient, der übrigens auch bei anderen physiologischen Betrachtungen eine Rolle spielt, ist naturgemäß ein gutes Charakteristikum für das einzelne Profil-Paar, der Mittelwert aus mehreren Einzelergebnissen für die ganze Gruppe. Deshalb finden sich diese Resultate (Mittelwert, Maximum und Minimum) in einer separaten Zusammenstellung, zusammen mit der Streubreite der Einzelwerte ($\pm s$) und dem 1-, 2-, 3-fachen mittleren Fehler des jeweiligen Mittelwertes ($\pm sq$) (Tabellen 16 und 32).

Die 3. Tabelle für jede Gruppe ist von großer praktischer Bedeutung. Hier ist in Graden die Exzentrizität des temporalen und nasalen Schnittpunktes der mit und ohne Brillenglas aufgezeichneten Profile angegeben (temp. Ex. P.S., nas. Ex. P.S.). Der Vollständigkeit halber führen wir hier auch noch Angaben über Alter, Pupillenweite ($\emptyset$) und untersuchtes Auge (OD, OS), auf. Die Koordination zwischen den zu einer Gruppe gehörigen drei Tabellen gelingt durch fortlaufende Numerierung der Versuchspersonen von 1 bis 10.

Myopie

1. Gruppe A

Besprechen wir zunächst die bei den myopen Probanden der Gruppe A von -5,0 bis -4,0 dptr. erhaltenen Resultate. Wie Tabelle Nr. 2 zeigt, liegt die Schwellen-

leuchtdichte im Zentrum, mit Korrekturglas gemessen (Rubrik $J_K 0^\circ$), im Bereich von 0,40 bis 1,25 asb entsprechend den Deckzahlen 34 und 29. Der Mittelwert von dem angegebenen Deckzahlbereich, welcher uns zum Vergleich mit anderen Gruppen augenfälliger erscheint als der Durchschnittswert der Schwellenleuchtdichte, welche zudem eine logarithmische Progredienz aufweist, beträgt 31,3 DZ-Einheiten (Tabelle 14a). Daraus ergeben sich die Differenzwerte zum Maximum und Minimum von 2,7 und 2,3 $1/10 \log.$ Dek. (logarithmische Dekaden). Den kleinsten und größten Schwellenleuchtdichten entsprechen die Empfindlichkeiten (E) 25,00 und 8,00. Für die Schwellen der temporalen Exzentrizität von 25° ($J_K 25^\circ \text{ temp.}$) finden sich mit Korrektur Werte zwischen 7,9 und 16,0 asb, entsprechend den Deckzahlen 21 und 18 und den Empfindlichkeiten 1,27 und 0,63. Der Deckzahl-Durchschnittswert beträgt 19,3 (Tabelle 14b), mit den Differenzbeträgen von 1,7 zum Maximum und 1,3 zum Minimum. Die Werte der nasalen Exzentrizität von 25° ($J_K 25^\circ \text{ nas.}$) erstrecken sich über den Bereich von 10,0 asb bis 20,0 asb (DZ 20 bis 17), die zugehörigen Sensibilitäten sind 1,00 und 0,50. Die mittlere Deckzahl ist nach Tabelle 14 c 18,2 mit einem Unterschied von 1,8 Einheiten zum größten und 1,2 $1/10 \log.$ Dek. zum kleinsten Wert.

Die ohne Korrektur der Myopie bei Gruppe A festgestellten Schwellenwerte sind in keinsten Weise mit den erwähnten Ergebnissen identisch: Die Schwellenleuchtdichten bei 0° ($J_S 0^\circ$) liegen hier zwischen 2,5 und 7,9 asb, die zugehörigen Deckzahlen lauten 26 und 21 und die Empfindlichkeiten 4,00 und 1,27. Das Deckzahl-Mittel beträgt 22,5 Einheiten (Tabelle 14a) mit einer Differenz von 3,5 und 1,5 $1/10 \log.$ Dek. zum größten und kleinsten Resultat. Für die temporale 25° -Exzentrizität ($J_S 25^\circ \text{ temp.}$) findet sich der Bereich 10,0 bis 40,0 Oasb, Deckzahlen 20 bis 14 mit den entsprechenden Sensibilitäten 1,00 bis

0,25. Dabei errechnet sich eine durchschnittliche Deckzahl von 17,5 (Tabelle 14b), die sich durch 2,5 Einheiten vom obersten, und mit 3,5 vom untersten Ergebnis unterscheidet. Das Resultat bei nasaler Exzentrizität von 25° ($J_S 25^{\circ}$ nas.): 12,5 bis 50,0 asb Schwellenleuchtdichte bzw. Deckzahlen 19 bis 13, Empfindlichkeiten 0, 80 bis 0,20. Hier ist der Deckzahl-Mittelwert 16,4 Einheiten groß (Tabelle 14c), er unterscheidet sich vom Maximum um 2,6, vom Minimum um 3,4 $1/10 \log$. Dek.

Aus der Tabelle Nr. 3 kann man einmal die Empfindlichkeit bei 0° ohne Korrektur ($E_S 0^{\circ}$), ausgedrückt in Prozent des Empfindlichkeitswertes, den man an diesem Punkt mit Korrektur erhält ($E_K 0^{\circ}$), entnehmen. Hier reichen die Ergebnisse von 10,0 bis 20,0 %. Der Mittelwert errechnet sich zu 13,58 %. Diesem Resultat läßt sich infolge einer der Gruppe A entsprechenden Refraktionsanomalie ein Empfindlichkeitsverlust von 86,42 % zuordnen (Tabelle 15a). Der dem kleinsten Empfindlichkeitswert entsprechende Sensibilitätsverlust beträgt 90,0 %, der dem größten Wert zuzuordnende 80,0 %.

Die Werte für den $\log \frac{J_K}{J_S} 0^{\circ}$ liegen bei der Gruppe A zwischen 7 und 10 Deckzahl-Einheiten, der Mittelwert beträgt 8,8 (Tabelle 16). Entsprechend dem Programm Nr.3 (Tabelle 40) errechnet sich daraus die Streubreite der Einzelwerte (s) zu $\pm 1,14$, der mittlere Fehler des Mittelwertes (sq) zu $\pm 0,36$ $1/10 \log$. Dek.

Die mit Korrektur bei 25° temporaler Exzentrizität gefundene Empfindlichkeit eines nasalen Netzhautareals, ausgedrückt in Prozent der Empfindlichkeit bei 0° ($E 25^{\circ}$ temp. % von $E_K 0^{\circ}$ m.K.) erstreckt sich bei der

Gruppe A zwischen $4,94$ und $10,0$ %, nasal zwischen $3,95$ und $6,32$ % ($E\ 25^\circ$ nas. % von $E_K\ 0^\circ$ m.K.). Die Mittelwerte sind temporal $6,48$, nasal $4,96$ %. Ohne Korrektur betragen die Mittelwerte für den temporalen Ort im Gesichtsfeld $35,56$ % ($16,0$ bis $63,2$ %), für den nasalen $27,6$ % ($12,5$ bis $50,4$ %), wie aus den Tabellen 15 b,c zu ersehen ist. Die diesen Werten zuzuordnenden Empfindlichkeitsabnahmen betragen $64,44$ und $72,40$ % (ebenfalls Tabelle 15b,c). Zum temporal gefundenen größten Wert gehört die Sensibilitätsabnahme $36,8$ %, zum entsprechenden nasalen das Resultat $49,6$ %. Den minimalen Ergebnissen sind die Prozentzahlen $84,0$ und $87,5$ als Ausdruck des Empfindlichkeitsabfalls zuzuordnen.

Die Exzentrizitäten des Profilschnittpunktes lassen sich aus Tabelle Nr. 4 für die Probanden der Gruppe A ersehen. Die maximale Exzentrizität ist in diesem Fall größer als 30° .

2. Gruppe B

Die Schwellenwertsangaben in der Gruppe B (Tabelle 5) reichen mit Korrektur bei 0° von $0,4$ bis $2,0$ asb, entsprechend den Deckzahlen 34 bis 27 und dem Empfindlichkeitsbereich $25,0$ bis $5,0$. Es resultiert ein Deckzahl-Mittelwert von $30,1$, der sich um $2,9$ vom größten und um $3,1$ $1/10$ log. Dek. vom kleinsten Wert unterscheidet. Die Schwellenleuchtdichten für einen 25° nasal vom Zentrum befindlichen Netzhautpunkt ($J_K\ 25^\circ$ temp.) liegen zwischen $6,3$ (DZ 22) und $20,0$ (DZ 17) asb; die diesen Werten zuzuordnenden Sensibilitäten betragen $1,59$ und $0,50$. Hier beträgt der Durchschnittswert für die Deckzahlen $19,7$, mit einer Differenz von $2,3$ zum Maximum und $2,7$ DZ-Ein-

heiten zum Minimum. Die Ergebnisse bei dem 25° temporalen Netzhautort lauten: Schwellenleuchtdichte 7,9 bis 25,0 asb, Deckzahlen somit 21 bis 16, Empfindlichkeiten 1,27 bis 0,4. Die mittlere Deckzahl ist 18,3 Einheiten groß, wobei sich dieses Resultat um 2,7 vom obersten Grenzwert, und um $2,3 \frac{1}{10}$ log. Dek. vom niedrigsten unterscheidet.

Bei statischer Perimetrie ohne Vorsatz eines korrigierenden Brillenglases findet sich für die Schwellenleuchtdichte und Empfindlichkeit der Netzhautstelle von 25° Exzentrizität nasal nur ein Wert, der gegenüber den mit Korrektur gefundenen Ergebnissen differiert. Der Schwellenleuchtdichtebereich ist wie das DZ-Band derselbe, der DZ-Mittelwert beträgt jedoch 19,6 Einheiten; es liegt somit eine Differenz von 2,4 zum Maximum und von 2,6 zum Minimum vor. Auf der temporalen Seite handelt es sich um 2 (von 10) unterschiedliche Werte. Die Schwellenleuchtdichte- und Sensibilitätsbereiche, also jeweils die minimalen und maximalen Ergebnisse, sind dieselben. Die Deckzahl ist jedoch im Mittel nur 18,1 Einheiten groß und unterscheidet sich so um 2,9 vom obersten und um $2,1 \frac{1}{10}$ log. Dek. vom untersten Resultat.

Die größte Exzentrizität des temporalen Profilschnittpunktes beträgt einmal 26° , die des nasalen zweimal 26° . Wenn sich in der Tabelle 7 und in den entsprechenden Zusammenstellungen der anderen Gruppen bei einigen Versuchspersonen (Nr. 3,7,10) keine Angaben über die Lokalisation des Profilschnittpunktes, sondern nur die Buchstaben BF finden, so ist damit ausgedrückt, daß der Schnittpunkt in den Bereich des blinden Flecks zu liegen kommt. Wenn in diesen Fällen temporal vom blinden Fleck noch Profilunterschiede außerhalb des Streubereiches von $\pm \frac{1}{10}$ log. Dek. zu verzeichnen sind, so

ist dies die Folge von verschiedenen Projektionen der Papille aufgrund der Wirkung des Korrektionsglases, eine später zu besprechende Tatsache.

Keine Übereinstimmung zeigen natürlich die ohne Refraktionskorrektur bestimmten Empfindlichkeiten der Netzhaut bei 0° mit den Ergebnissen, die bei statisch perimetrischer Untersuchung mit Brillenglas für die Fovea centralis festgestellt werden konnten. Der Bereich erstreckt sich von 10,0 bis 2,0, entsprechend den Leuchtdichteschwellen 1,0 und 5,0 asb, die gleichbedeutend mit den Deckzahlen 30 und 23 sind (Tabelle Nr. 5). Daraus resultiert ein Deckzahl-Durchschnitt von 26,0, mit Abständen von 4,0 zum maximalen und 3,0 $1/10 \log$. Dek. zum minimalen Wert. Der Deckzahl-Mittelwert steht dabei für die Schwellenleuchtdichte 2,5 asb.

Die Empfindlichkeit des Zentrums erreicht ohne Korrektur Tabelle 6 zu Folge 31,25 bis 50,0 % des mit Brille gemessenen Wertes, im Mittel 39,14, wonach die Empfindlichkeitseinbuße 60,86 % beträgt. Die entsprechenden Werte für das Minimum lauten 68,75 %, für das Maximum 50,0 %. Im mit Korrekturglas gewonnenen Profil erreicht die temporale Gesichtsfeldstelle (gleich nasaler Netzhautort) von 25° 6,3 bis 16,0, im Mittel 9,62 % des 0° -Wertes, die nasale (gleich temporaler Punkt auf der Retina) 3,94 bis 12,50, Mittelwert 7,14 %. Ohne Korrektur resultieren Werte zwischen 15,87 und 40,0, gemittelt 23,31 %, für den temporalen und 10,0 bis 32,0, mittlerer Wert 17,31 %, für den nasalen isoexzentrischen Ort im Gesichtsfeld. Die entsprechenden Empfindlichkeitsverluste sind 76,69 und 82,69 % groß. Dem Maximum und Minimum der temporalen Prüfung entsprechen dabei die Sensibilitäts-Abnahmen 84,13 und 60,0 %, dem nasal gefundenen größten und kleinsten Ergebnis die Werte 90,0 und 68,0 %.

Der auch in dieser Gruppe gebildete $\log \frac{J_K}{J_S} 0^\circ$ besitzt einen Mittelwert von 4,1, bei einer J_S größten Deckzahldifferenz von 5 und einer kleinsten von 3 Einheiten. Die Streubreite des Einzelwertes (s) beträgt $\pm 0,57$ 1/10 log. Dek., der Fehler des Mittelwertes (sq) $\pm 0,18$.

3. Gruppe C

Der für die 10 Probanden von Refraktionsanomalien der Stärken -2,75 bis -2,0 dptr. mit Korrekturglas bei 0° gemessene Empfindlichkeitsbereich schließt die Werte 31,25 und 8,0 ein, errechnet aus den Leuchtdichteschwellen 0,32 (DZ 35) und 1,25 asb (DZ 29). Die mittlere Deckzahl ist somit 32,0, entsprechend einer Schwellenleuchtdichte von 0,63 asb. Die Differenzen des Deckzahl-Durchschnittsergebnisses betragen zum maximalen und minimalen Wert jeweils 3,0 1/10 log. Dek. Bei 25° temporal finden sich Werte von 1,27 bis 0,63, entsprechend den Schwellen 7,9 und 16,0 asb (Deckzahlen 21 und 18), nasal von 1,00 bis 0,31, hervorgegangen aus den Leuchtdichten 10,0 (DZ 20) und 32,0 asb (DZ 15). Für die temporalen DZ-Ergebnisse läßt sich ein Durchschnittswert von 20,1 Einheiten ermitteln, wobei der Abstand zum größten Resultat 0,9, zum kleinsten 2,1 1/10 log. Dek. beträgt. Für den nasalen Bereich findet sich ein DZ-Mittel von 18,6, welches sich um 1,4 DZ-Einheiten vom größten Schwellenwert, und um 3,6 vom kleinsten unterscheidet.

Die ebenfalls in der Tabelle 8 für die 25° -Exzentritäten ohne Korrektur gemessenen Schwellenleuchtdichten sind mit diesen Werten identisch. Der Wertebereich bei 0° aber erstreckt sich von 0,5 (DZ 33) bis 2,5 asb (DZ 26). Somit lautet der Deckzahl-Mittelwert: 29,0 Einhei-

heiten, welche einer mittleren Schwellenleuchtdichte von 1,25 asb entsprechen. Die Differenzen zur größten und kleinsten Deckzahl betragen 4,0 und 3,0 1/10 log. Dek. Die zentralen Empfindlichkeiten liegen zwischen 20,0 und 4,0. Drückt man diese in Prozent des mit Korrektur erhaltenen Wertes aus, finden sich Ergebnisse von 39,38 bis 64,0 % (Tabelle 9). Der Mittelwert beträgt dabei 50,74 %, die Empfindlichkeitseinbuße also 49,26 %. Dem Minimum und Maximum entspricht jeweils ein Sensibilitätsverlust von 60,62 resp. 36,0 %.

Die Empfindlichkeit bei einer 25° vom Zentrum entfernten temporalen Stelle im Gesichtsfeld erreicht mit Korrektur im Mittel 6,96 % (Maximum 12,66, Minimum 4,0 %) des bei 0° erhaltenen Ergebnisses, bei Untersuchung ohne Brillenglas temporal als Mittelwert 14,12 (6,33 bis 25,32) % von der Empfindlichkeit bei 0°, was einer Empfindlichkeitsabnahme von 85,88 % gleichkommt. Diese beträgt für den kleinsten Wert 93,67 %, für den größten 74,68 %. Nasal lauten die Sensibilitäts-Ergebnisse 5,08 % (maximal 10,0, minimal 2,0 %) mit und 13,29 % (3,13 bis 20,0 %) ohne Korrektur. Die letztgenannte Zahl bedeutet eine Empfindlichkeitsabnahme zwischen 0° und 25° des ohne Korrektur aufgezeichneten Profils von 86,71 %; die entsprechenden Werte für das minimale und maximale Resultat lauten 96,87 und 80,0 %.

Der $\log \frac{J_K}{J_S}$ 0° beträgt bei der Gruppe C 3,0 (4 bis 2) Deckzahl-Einheiten. Die Streubreite der Einzelwerte (s) ist dabei $\pm 0,67$ 1/10 log. Dek. groß, sq, der mittlere Fehler des Mittelwertes beträgt $\pm 0,21$ Einheiten.

Die größte Exzentrizität des Profilschnittpunktes liegt nach Tabelle 10 bei 17°.

4. Gruppe D

Die Probanden mit Brillengläsern von $-1,75$ bis $-0,75$ dptr. nehmen bei 0° bereits Helligkeiten von $0,4$ bis $1,6$ asb (Deckzahlen 34 bis 28) wahr (Tabelle 11). Der DZ-Mittelwert lautet dafür $30,2$ Einheiten; es liegt damit eine Differenz von $3,8$ zum größten und $2,2$ $1/10$ log. Dek. zum kleinsten Einzelergebnis vor. Die Fovea centralis besitzt hier also eine Empfindlichkeit von maximal $25,0$, minimal $6,25$. Ohne Korrektur werden zentral Leuchtdichten von $0,63$ (DZ 32) bis $2,5$ asb (DZ 26) gerade gesehen, was einem Empfindlichkeitsbereich von $15,87$ bis $4,0$ gleichzusetzen ist. Die mittlere Deckzahl ist $28,2$ Einheiten groß, wobei sich dieses Resultat um $3,8$ vom obersten Grenzwert und um $2,2$ DZ-Einheiten vom untersten unterscheidet.

Auch bei der Gruppe D sollen die Schwellenwerte für 25° angegeben werden: Sie betragen temporal $7,9$ bis $16,0$ asb (DZ 21-18), nasal $12,5$ bis $20,0$ asb (DZ 19-17), woraus sich Empfindlichkeitswerte von $1,27$ bis $0,63$ bzw. $0,8$ bis $0,5$ ergeben. Der Deckzahl-Durchschnittswert für temporal beträgt dabei $19,3$ Einheiten und unterscheidet sich damit um $1,7$ $1/10$ log. Dek. von der größten gefundenen Deckzahl, und um $1,3$ von der kleinsten. Nasal findet sich ein Deckzahl-Mittel von $18,0$ Einheiten, entsprechend einer Schwellenleuchtdichte von $16,0$ asb, wobei der Unterschied an $1/10$ log. Dek. zu beiden Grenzwerten $1,0$ beträgt. Die angegebenen Resultate sind bei statisch perimetrischer Untersuchung mit Korrektur dieselben wie ohne Ausgleich der Refraktionsanomalie.

Die Empfindlichkeit der Fovea centralis erreicht ohne Brillenkorrektur $80,0$ %, minimalst $50,4$ % des mit Korrekturglas gemessenen Wertes (Tabelle 12), im Mittel $63,43$ %, was einer Empfindlichkeitsabnahme von

36,57 % gleicht. Der entsprechende Sensibilitäts-Abfall für den kleinsten Wert beträgt 49,6 %, für den größten 20,0 %. 25° temporal werden Sensibilitäten von 4,0 bis 16,0 % mit und 6,3 bis 25,0 % ohne Refraktions-Korrektur festgestellt. Die Mittelwerte lauten: 8,74 und 13,81 %. Die dem letzten Resultat entsprechenden Empfindlichkeitsabnahme beträgt 86,19 %; dem unteren Grenzwert ist der Sensibilitätsabfall von 93,7 %, dem oberen von 75,0 % zuzuordnen. Nasal betragen die Empfindlichkeiten, ausgedrückt in % des zugehörigen Ergebnisses von 0°, mit Korrektur im Mittel 6,42 %, ohne Ausgleich der Anomalie 10,08 %. Diesem letzten Resultat entspricht eine Abnahme der Sensibilität von 89,92 % innerhalb des ohne Refraktionsausgleich aufgenommenen Profils von 0° auf 25° nasal. Dem minimalen Ergebnis läßt sich die Empfindlichkeitsabnahme von 94,96 %, dem maximalen von 84,0 % an die Seite stellen.

Aus 10 Messungen findet sich für den $\log \frac{J_K}{J_S}$ 0° ein mittleres Ergebnis von 2,0, wobei der einmal auftretende größte Wert 3, der kleinste 1 ist. Dabei beträgt die Streuung des Einzelwertes (s) $\pm 0,47$, der mittlere Fehler des Mittelwertes (sq) $\pm 0,15$ Deckzahl-Einheiten.

Diesen Resultaten sei noch hinzuzufügen, daß die maximale Exzentrizität des Profilschnittpunktes für die Gruppe D 8° beträgt (Tabelle 13).

5. Mittelwerte

Die Tabellen mit den Nummern 14,15 und 16 fassen alle für jede der Gruppen A bis D errechneten Mittelwerte mit den zugehörigen Minima und Maxima zusammen: In die Zusammenstellungen 14 a,b,c finden dabei die aus den

Tabellen 2,5,8 und 11 errechneten Werte Eingang. Tabelle 14 d gibt darüberhinaus von den Gruppen A mit D die Mittelwerte der Deckzahldifferenzen zwischen größtem und gemitteltem Schwellenergebnis, und gemitteltem und kleinstem Resultat für die Schwellen $J_K 0^\circ$ und $J_S 0^\circ$, $J_K 25^\circ$ temp. und $J_S 25^\circ$ temp., $J_K 25^\circ$ nas. und $J_S 25^\circ$ nas. an.

Die Zahlen für die Mittelwerte der Empfindlichkeiten aus den Tabellen 3,6,9 und 12 finden sich in den Tabellen 15a,b,c. Diese Zusammenfassungen ermöglichen eine rasche Orientierung und sind mit die Grundlage für die graphischen Darstellungen Nr. 3 (Tabelle 15a) und Nr. 5 (Tabellen 15b,c). Aus den Tabellen 15a,b,c lassen sich auch die Sensibilitätseinbußen bei 0° und die Empfindlichkeitsabnahmen innerhalb der ohne Refraktionsausgleich aufgezeichneten Profile von 0° auf isoexzentrische Punkte bei 25° des 0° - 180° Meridians entnehmen, sowohl die Mittelwerte, als auch die Minima und Maxima.

Wichtige Ergebnisse finden sich in der Tabelle 16, wo wir die Mittelwerte des $\log \frac{J_K}{J_S}$ bei 0° (mit größtem und kleinstem Resultat) von den Gruppen A bis D zusammengestellt und jeweils die Streubreite der Einzelwerte ($\pm s$) und die mittleren Fehler der Mittelwerte ($\pm 1sq$, $\pm 2sq$, $\pm 3sq$) ausgerechnet haben. Dabei sind die Mittelwerte der Deckzahl-Differenzen in die linke Hälfte der Abbildung 4 eingetragen.

Presbyopie und Presbyopie-Hyperopie

Im Folgenden wollen wir auf die Resultate eingehen, welche die statisch quantitative perimetrische Untersuchung von Presbyopen und presbyop-hyperopen Personen ergab. Die Gliederung folgt dabei der in Tabelle 17 angegebenen Gruppierung.

6. Gruppe E

Für die eben wahrnehmbare Leuchtdichte bei 0° (Spalte $J_K 0^\circ$ in Tabelle 18) finden sich Werte von 0,79 bis 3,2 asb mit Korrektur, ohne Refraktionsausgleich ($J_S 0^\circ$) ergibt sich ein Bereich von 1,6 bis 5,0 asb. Die jeweils zugehörigen Deckzahlen lauten 31 und 25 bzw. 28 und 23. Daraus ergeben sich Mittelwerte von 28,1 resp. 25,3 DZ-Einheiten (Tabelle 30a). Der erste Mittelwert unterscheidet sich vom zugehörenden größten Deckzahl-Resultat um 2,9, vom kleinsten um 3,1 $1/10 \log.$ Dek., für den zweiten Durchschnittsbetrag heißen die entsprechenden Werte 2,7 und 2,3 DZ-Einheiten. Die den Schwellenleuchtdichten gleichzusetzenden Empfindlichkeiten (E) liegen zwischen 12,66 und 3,13 bzw. 6,25 und 2,0. Die nach Ausgleich der Presbyopie gewonnenen Ergebnisse für eine 25° von der Fovea centralis entfernten nasalen Netzhautstelle ($J_K 25^\circ \text{ temp.}$) schließen Schwellenleuchtdichten von 7,9 bis 25,0 asb ein; an Deckzahlen finden sich somit Werte von 16 bis 21, im Mittel jedoch von 18,9 Einheiten (Tabelle 30b). Damit beträgt der Unterschied zu den Grenzwerten einmal 2,1, das andere Mal 2,9 DZ-Einheiten. Der Empfindlichkeitsbereich erstreckt sich von 1,27 bis 0,4. Die adäquaten, ohne Korrektur gewonnenen Ergebnisse, sind mit den aufgeführten Werten identisch. Dasselbe gilt für ein 25° exzentrisch liegendes Retina-Areal der temporalen

Netzhauthälfte ($J_K 25^\circ \text{ nas.}$). Es finden sich hier Werte von 10,0 bis 32,0 asb Schwellenleuchtdichte (DZ 20 bis 15) und die Empfindlichkeiten 1,00 bis 0,31. Es resultiert ein Deckzahl-Durchschnittswert von 17,5 Einheiten (Tabelle 30c), der von den Grenzwerten jeweils um 2,5 $1/10 \log$. Dek. abweicht.

Die Sensibilität $E_S 0^\circ$ in % von $E_K 0^\circ$ (Tabelle 19) erreicht maximal 64,0 %, die kleinste Empfindlichkeit beträgt 39,06 % für die Gruppe von + 0,75 bis + 1,75 dptr. Daraus ergibt sich der Mittelwert 52,89 %, aus dem ein Empfindlichkeitsverlust von 47,11 % resultiert. Dieser ist für die minimale Sensibilität 60,94 %, für die maximale 36,0 % groß (Tabelle 31a).

Der Logarithmus des Quotienten $\frac{J_S}{J_K}$ für 0° ($\log \frac{J_K}{J_S} 0^\circ$)

besitzt einen Mittelwert von 2,8 (Tabelle 32), errechnet aus dem Bereich 2 bis 4. Als Streubreite der Einzelwerte (s) rechnete der Computer (Tabelle 40) $\pm 0,63$, als mittleren Fehler des Durchschnittsergebnisses (sq) $\pm 0,2$ $1/10 \log$. Dek. aus.

Für die Empfindlichkeit einer Stelle im Gesichtsfeld, die 25° temporal vom Zentrum lokalisiert ist, lassen sich aus der Tabelle 19 Werte zwischen 7,81 und 20,25 %, bzw. 12,8 und 40,51 in Prozent des für 0° mit resp. ohne Korrektur der Presbyopie ermittelten Ergebnisse entnehmen. Die Mittelwerte lauten: 12,62 bzw. 23,48 % ($E 25^\circ \text{ temp. \% von } E_K 0^\circ \text{ m.K. und } E_S 0^\circ \text{ o.K.}$), wobei letzterem Wert eine Empfindlichkeitsabnahme von 76,52 % innerhalb des ohne Glasvorsatz statisch geprüften Gesichtsfeldes zukommt (Tabelle 31b). Die zugehörigen maximalen und minimalen Werte für den Sensibilitätsabfall lauten 87,2 und 59,49 %. Für den nasalen isoexzen-

trischen Ort im Gesichtsfeld errechnen sich in Prozent des Zentrumsresultats minimale Empfindlichkeitswerte von 6,25 mit und 10,0 % ohne Korrektur, wobei die maximalen 16,0 und 32,0 % betragen. Gemitteltes Resultat: 9,17 und 17,67 % ($E_{25^{\circ}\text{nas.}}\%$ von $E_{K0^{\circ}}\text{ m.K.}$ und $E_{S0^{\circ}}\text{ o.K.}$). Dem mittleren Empfindlichkeitsbetrag, der sich aus den ohne Refraktionsausgleich gemessenen Leuchtdichteschwellen bei 25° nasal in Prozent des Wertes von 0° errechnet, ist wiederum eine Empfindlichkeitsabnahme zwischen 0 und 25° nasal zuzuordnen, die Tabelle 31c gemäß 82,33 % groß ist. Hier betragen die dem Durchschnittsresultat an die Seite zu stellenden größten und kleinsten Werte 90,0 und 68,0 %.

Anschließend geben wir für die Gruppe E noch die maximale Exzentrizität des Profilschnittpunktes (P.S.) an, entnommen der Zusammenstellung 20: Sie beträgt 16° . Temporal lassen sich dabei in den meisten Fällen keine Werte für diesen charakteristischen Punkt angeben (blinder Fleck!).

7. Gruppe F

In der Gruppe von +2,0 bis +2,75 dptr. betragen die mit Korrektur der Refraktionsanomalie gemessenen Schwellenwerte bei 0° 1,0 bis 2,5 asb, bei 25° temporal 16,0 bis 25 und nasal 20,0 bis 32 asb. Die zugehörigen Deckzahlbereiche lauten 30 bis 26,18 bis 16 und 17 bis 15, die Mittelwerte demzufolge 27,9, 17,3 und 16,2 Deckzahl-Einheiten. Der für die Schwelle bei 0° errechnete Deckzahl-Durchschnittswert weist gegenüber dem größten Ergebnis eine Differenz von 2,3, gegenüber dem kleinsten von 1,9 $1/10 \log.$ Dek. auf. Diese Bereiche lauten für das mittlere Resultat bei 25° temporal 0,7 und 1,3 DZ-Einheiten, für den Mittelwert bei 25° nasal 0,8 und 1,2 $1/10 \log.$ Dek. Aus den angegebenen Leuchtdichteschwellen errechnen sich die in Tabelle 21 aufgeführten Empfindlichkeitsbereiche: Für 0° , wiederum mit Korrektur, 10,0 bis 4,0, für 25° temporal 0,63 bis 0,4 und isoexzentrisch nasal 0,5 bis 0,31.

Diesen Zahlen sind die ohne Vorsatz eines korrigierenden Brillenglases festgestellten Werte gegenüberzustellen: Sie reichen bei 0° von Schwellen zwischen 3,2 und 7,9 asb (Deckzahlen 25-21), wobei sich die zugehörigen Sensibilitäten von 3,13 bis 1,27 erstrecken. Der DZ-Mittelwert ist 23,0 Einheiten groß, was einer durchschnittlichen Schwellenleuchtdichte von 5,0 asb gleicht. Die Differenz des gemittelten Deckzahlwertes beträgt zur größten wie zur kleinsten Zahl 2,0 DZ-Einheiten. An einer 25° von der Fovea entfernten nasalen Netzhautstelle, in der temporalen Gesichtsfeldhälfte lokalisiert, lassen sich Empfindlichkeiten von 0,63 bis 0,25 ermitteln, hervorgegangen aus dem Leuchtdichtebereich 16,0 (DZ 18) bis 40,0 asb (DZ 14). Deckzahl-Durchschnittsergebnis: 16,7 Einheiten. Unterschiede zu den Grenzwerten: 1,3 und 2,7 $1/10 \log$. Dek. Die Ergebnisse für die isoexzentrische temporale Lokalisation auf der Retina lauten: 20,0 bis 40,0 asb, Deckzahlenbereich 17-14, Empfindlichkeiten 0,5 bis 0,25. Der Mittelwert, aus den 10 Deckzahlen errechnet, beträgt 15,9 $1/10 \log$. Dek., womit er 1,0 DZ-Einheiten vom größten und 2,9 vom kleinsten Resultat entfernt liegt.

Drücken wir die bei 0° ohne Refraktionsausgleich errechneten Empfindlichkeiten in % der mit Korrektur erhaltenen Sensibilitäten aus, ergeben sich 10 Zahlen, aus welchen man den Mittelwert 32,64 % (Tabelle 31a) bei einem maximalen von 40,0 und einen minimalen Ergebnis von 31,25 (Tabelle 22) errechnen kann. Somit ist die Empfindlichkeitsminderung 67,36 % groß. Die Sensibilitätseinbußen von 68,75 und 60,0 % entsprechen dabei den erwähnten Grenzwerten.

Der Mittelwert der Deckzahldifferenz bei 0° ($\log \frac{J_K}{J_S} 0^\circ$) lautet 4,9, entsprechend einem Bereich von 4 bis 6 DZ-

Einheiten. Dabei ist s gleich $\pm 0,57$, sq gleich $\pm 0,18 \frac{1}{10}$ logarithmischen Dekaden.

In diesem Zusammenhang sind die Sensibilitäten der 25° -Isoexzentritäten des 0° - 180° -Meridians, die den mit und ohne Brillenvorsatz gemessenen Schwellenleuchtdichten entsprechen, in Prozent des jeweiligen Zentrumswertes anzugeben: Für den nasalen Netzhautbezirk lauten sie 6,25 bis 15,63 % (im Mittel 9,08 %) resp. 12,5 bis 39,5 % (gemittelt 24,27 %), für den temporalen 5,0 bis 12,5 % (mittleres Ergebnis: 7,07 %) und entsprechend ohne Korrektur 12,5 bis 39,5 % (Mittelwert 19,45 %). Somit beträgt die Empfindlichkeitsabnahme innerhalb der unkorrigiert erzielten Profilkurve von 0° zum temporalen 25° -Punkt im Gesichtsfeld 75,73 %, zum nasalen 80,55 %. Beiden Mittelwerten sind als größtes Resultat der Wert 87,5 %, als kleinstes die Zahl 60,5 % an die Seite zu stellen.

Der größte Wert der Profilschnittpunkte für die Gruppe F in Grad ist 28, entnommen der Tabelle 23.

8. Gruppe G

Die Probanden der Gruppe G sind dadurch gekennzeichnet, daß sie ohne Brille noch eine zentrale Empfindlichkeit von 0,8 bis 1,59, hergeleitet aus den festgestellten Schwellenbeträgen 6,3 bis 12,5 asb, den Deckzahlen 22 und 19 entsprechend, aufzuweisen haben (Tabelle 24). Der Deckzahl-Mittelwert beträgt 20,9 Einheiten, mit einem Unterschied von $1,1 \frac{1}{10}$ log. Dek. zum größten und 1,9 zum kleinsten Wert. Mit Korrektur werden Sensibilitäten von 4,0 bis 10,0 erreicht, entsprechend den Leuchtdichtebereichen 1,0 (DZ 30) bis 2,5 asb (DZ 26).

Hier ist der Durchschnittswert für die Deckzahlen 27,2 1/10 log. Dek. groß, mit einer Differenz von 2,8 Einheiten zum oberen und 1,2 zum unteren Grenzwert. Die Prüfung einer 25° temporal im Gesichtsfeld befindlichen Stelle ergibt mit Korrekturglas Werte zwischen 16,0 und 40,0 asb gleich Deckzahlen von 18 bis 14, ohne Ausgleich der Refraktionsanomalie von 20,0 bis 50,0 asb (DZ-Bereich 17-13), woraus sich die Empfindlichkeitsgrenzwerte für diese Untersuchungsreihe von 0,63 und 0,25 bzw. 0,5 und 0,2 errechnen. Die Deckzahl-Mittel betragen dabei 16,2 und 15,4 Einheiten, wobei die Abweichungen des ersten Wertes vom Maximal- und Minimal-Resultat 1,8 und 2,2 1/10 log. Dek. ausmachen, die vom zweiten Durchschnittswert 1,6 und 2,4 Einheiten. Bei 25° nasal betragen die Leuchtdichteschwellen mit Glasvorsatz von 16,0 bis zu 50,0 asb, Deckzahlen von 18-13, ohne Ausgleich jedoch 20,0 (DZ 17) bis 63,0 asb (DZ 12), woraus sich das Sensibilitätsband 0,63-0,2 bzw. 0,5-0,16 ergibt. Der durchschnittliche Deckzahlwert für die Untersuchung mit Ausgleich der Anomalie berechnet sich zu 15,0 1/10 log. Dek., was einer mittleren Schwellenleuchtdichte von 0,31 asb gleichzusetzen ist. Der Unterschied zur größten Deckzahl beträgt 3,0, zur kleinsten 2,0 Einheiten. Aus den ohne Korrektur aufgezeichneten Werten ergibt sich ein Mittel von 14,6 1/10 log. Dek., mit Differenzen zu den Grenzwerten von 2,4 und 2,6 DZ-Einheiten.

Die Empfindlichkeitsminderung bei 0° ist durchschnittlich 75,92 % groß, wobei sich dieses Ergebnis aus dem gemittelten Wert 24,08 % ergibt, welcher wiederum die an diesem Netzhautort ohne Korrektur bestimmte Sensibilität in % des mit Glaskorrektur festgestellten Resultats ausdrückt. Das Maximum liegt unseren Untersuchungen zufolge für die Refraktionsstärken +3,0 bis +3,75 dptr. bei 31,65 %, das Minimum bei 15,87 %. Diesen Wer-

ten entsprechen die Sensibilitätseinbußen von 68,35 resp. 84,13 %.

Die Deckzahldifferenzen bei 0° , 2. Spalte der Tabelle 25, betragen 5 bis 8 Einheiten, im Durchschnitt 6,3. Daraus errechnet sich eine Einzelwert-Streubreite (s) von $\pm 0,95$ 1/10 log. Dek. und ein mittlerer Fehler des Mittelwertes (sq) von $\pm 0,3$ Einheiten.

Die Empfindlichkeitsangaben bei 25° temporaler Exzentrizität im Gesichtsfeld reichen je nachdem, ob sie aus den mit oder ohne Refraktionsausgleich erfolgten Untersuchungen hervorgegangen sind, von 4,0 bis 12,5 % bzw. 19,75 bis 39,5 %, errechnet aus den zugehörigen 0° -Ergebnissen. Die Durchschnittswerte für diese Sensibilitätsbereiche sind 8,28 bzw. 28,61 % groß, wobei diesem letzten Resultat wiederum eine Empfindlichkeitsabnahme von 71,39 %, den zugehörigen Grenzwerten ein Sensibilitätsabfall von 80,25 resp. 60,5 % gleichgesetzt werden kann. Für den isoexzentrischen nasalen Punkt auf dem Horizontal-Meridian: resultiert ein Sensibilitäts-Band von 3,2 bis 8,0 % (Mittelwert 6,23 %), errechnet aus den korrigiert festgestellten dimensionslosen Empfindlichkeiten, und ein Bereich von 15,8 bis 31,6 %, mit einem ermittelten Durchschnittsergebnis von 23,02 %. Dieser Wert sagt aus, daß man innerhalb des ohne Brillenglas untersuchten Bereichs ein Profil erhält, in welchem die Empfindlichkeit von 0° nach 25° nasal im Mittel um 76,98 % sinkt, maximal jedoch um 84,2, minimal um 68,4 %.

Zum Abschluß sei für die Gruppe G erwähnt, daß die mit und ohne Korrektur aufgezeichneten Sensibilitätskurven teilweise nicht innerhalb des untersuchten 30° -Bezirks zu einem gemeinsamen Schnittpunkt konvergieren, so daß dessen maximale Exzentrizität mit größer 30° anzugeben ist (Tabelle 26).

9. Gruppe H

Die Leuchtdichteschwellen erstrecken sich in der letzten Gruppe der Presbyop-Hyperopen mit Korrektur bei 0° gemessen, von 0,5 bis 2,0 asb (Tabelle 27), entsprechend den Deckzahlen 33 bis 27 und dem Empfindlichkeitsbereich 20,0 bis 5,0. Der Deckzahl-Mittelwert ist 29,5 Einheiten groß und unterscheidet sich vom größten Wert um 3,5, vom kleinsten nur um 2,5 $1/10$ log. Dek. Die Schwellenwerte für einen 25° temporal im Gesichtsfeld befindlichen Ort liegen zwischen 12,5 (DZ 19) und 40,0 asb (DZ 14), die diesen Resultaten zuzuordnenden Empfindlichkeiten betragen 0,8 und 0,25. Durchschnittliche Deckzahl: 17,1 Einheiten, mit einer Spanne von 1,9 $1/10$ log. Dek. zum Maximum und einer von 2,1 zum Minimum. Die Ergebnisse bei der isoexzentrischen nasalen Stelle lauten: Schwellenleuchtdichten 16,0 bis 50,0 asb, Deckzahlen somit 18 bis 13, mit einem Mittelwert von 15,9 und den Differenzen von 2,1 und 2,9 $1/10$ log. Dek., Empfindlichkeiten 0,63 bis 0,2.

Bei der statisch perimetrischen Untersuchung ohne Refraktionskorrektur konnten bei 0° gerade wahrnehmbare Helligkeiten von 5,0 bis 20,0 asb, Deckzahlenbereich somit 23 bis 17, notiert werden, bei einem Schnitt von 19,7 Einheiten und Unterschieden von 3,3 und 2,7 $1/10$ log. Dek. zum größten resp. kleinsten Resultat. Das korrelierende Sensibilitäts-Band schließt die Werte 2,0 bis 0,5 ein. Bei 25° temporal im Gesichtsfeld werden bereits Leuchtdichten von 20,0 (DZ 17) bis 50,0 (DZ 13) asb, nasal von 25,0 (DZ 16) bis 63,0 asb (DZ 12) gesehen. Es ergeben sich die Deckzahl-Mittelwerte zu 14,6 und 13,9 Einheiten, wobei die obersten Werte um 2,4 und 2,1 $1/10$ log. Dek., die untersten um 1,6 und 1,9 Deckzahl-Einheiten vom Durchschnitt differieren. Aus den Schwellenresultaten folgt für den temporalen Ort ein größter

Empfindlichkeitswert von 0,5 und ein kleinster von 0,2, für den nasalen ein Ergebnis von minimal 0,16 bis zum Maximum 0,4.

Der Zusammenstellung Nr. 28 läßt sich die Empfindlichkeit bei 0° ohne Korrektion, ausgedrückt in Prozent des Wertes, den man an diesem zentralen Ort mit Refraktionsausgleich erhält, entnehmen. Hier reichen die Ergebnisse von 7,9 bis 15,82 %. Der Mittelwert errechnet sich zu 10,76 %. Diesem Ergebnis läßt sich infolge einer der Gruppe H entsprechenden Refraktionsanomalie eine Empfindlichkeitseinbuße von 89,24 % zuordnen, wobei der größte Verlust 92,1 %, der kleinste 84,18 % beträgt.

Die mit Korrektion bei 25° temporaler Exzentrizität gefundene Sensibilität eines entsprechenden nasalen Netzhautareals, in % der Empfindlichkeit bei 0° ausgedrückt ($E_{25^\circ \text{ temp.}} \% \text{ von } E_K 0^\circ \text{ m.K.}$), erstreckt sich bei der Gruppe H zwischen 2,5 und 12,8 %, nasal zwischen 2,47 und 10,0 %. Die Mittelwerte sind temporal 6,67 und nasal 5,11 %. Ohne Brillenglas betragen die Durchschnittswerte für den temporalen Ort im Gesichtsfeld 32,01 % (24,69 bis 50,0 %), für den nasalen 26,94 % (19,75 bis 40,0 %), was einer Empfindlichkeitsabnahme von 67,99 % (Bereich 50,0 bis 75,31 %) resp. 73,06 % (Band von 60,0 bis 80,25 %) entspricht.

Die Werte für den $\log \frac{J_K}{J_S} 0^\circ$ liegen nach Tabelle 28 bei der Gruppe H zwischen 8 und 11 Deckzahl-Einheiten, woraus sich ein Durchschnittsbetrag von 9,8 ergibt. Der Computer errechnete daraus eine Einzelwert-Streuung (s) von $\pm 1,03$ Einheiten und einen mittleren Fehler des Mittelwertes (sq) von $\pm 0,33$ 1/10 log. Dek.

Die Exzentrizitäten der Profilschnittpunkte lassen sich aus Tabelle 29 für die Glieder der Gruppe H ersehen. Der größte Wert ist außerhalb unseres 30° -Bezirktes zu suchen.

10. Mittelwerte

Die eingangs angekündigten Zusammenstellungen mit den Nummern 30, 31 und 32 bringen eine knappe Übersicht über die bereits bei der Besprechung der Abteilungen E und H angegebenen Durchschnittswerte. Die Tabellen 30 a,b,c fassen die Aufstellungen Nr. 18, 21, 24 und 27 zusammen. Tabelle 30d berücksichtigt darüberhinaus die gemittelten Resultate der Deckzahlunterschiede zwischen minimalem und mittlerem Schwellenwert und zwischen diesem und dem minimalen Ergebnis, für die Rubriken der Tabellen 30a,b,c.

Die aus den Tabellen 19,22,25 und 28 errechneten Mittelwerte werden in die Zusammenfassung 31 übernommen und finden dabei Eingang in die graphischen Darstellungen 3 (Tabelle 31a) und 5 (31b,c). In den Tabellen 31a, b,c finden sich wie in den Zusammenstellungen 15a,b,c für die Myopen, für die presbyopen und presbyop-hyperopen Versuchspersonen auch die Angaben über Empfindlichkeitsverluste bei 0° und die Sensibilitätsabnahmen innerhalb der mit und ohne Korrekturglas-Vorsatz ermittelten 0° - 180° -Empfindlichkeitskurven von der Fovea aus auf isoexzentrische Retina-Areale bei 25° .

Alle Durchschnittswerte inclusiv Minima und Maxima der logarithmierten Schwellenleuchtdichte-Quotienten $\frac{K}{J_S}$ für die Fovea centralis mit den zugehörigen Streubreiten der Einzelwerte ($\pm s$) und den mittleren Fehlern der gemittelten Ergebnisse ($\pm 1, \pm 2, \pm 3sq$) sind über-

sichtlich in Tabelle 32 angeordnet. Dabei sei auf die Abbildung 4 hingewiesen, in welcher die Mittelwerte der Deckzahldifferenzen graphisch dargestellt sind.

11. Mit Korrektur aufgetragene Schwellenwertkurven

Die Mittelwerte aus den Resultaten, die jeweils mit Korrektur einer bestehenden Refraktionsanomalie gewonnen wurden, sind in Tabelle 33 für die Gruppen A mit D und E mit H gemeinsam zusammengestellt. Aus ihr wird ersichtlich, daß bei 0° mit Brillenglas durchschnittlich bereits einer der Deckzahl 30,9 entsprechende Helligkeit wahrgenommen wird, wenn es sich um myope Patienten handelt, bzw. erst eine Leuchtdichte mit der DZ 28,18 im Fall eines Alters- und Übersichtigen. Dabei reichen die Werte bei den Myopen von DZ 35 (0,32 asb) bis 27 (2,0 asb) (Tabelle 33a). Bei den Presbyopen und Presbyop-Hyperopen zeigt sich ein Bereich von 0,5 bis 3,2 asb, entsprechend den Deckzahlen 33 und 25.

Für den nasalen Netzhautort, der 25° exzentrisch liegt (J_K 25° temp.), finden sich Ergebnisse von 6,3 bis 20,0 asb (DZ 22 bis 17) und 7,9 bis 40,0 asb (DZ 21 bis 14), für den isoezentrisch temporal gelegenen (J_K 25° nas.) Bereiche zwischen 7,9 und 32,0 asb und 10,0 bis 50,0 asb, entsprechend den zugehörigen Deckzahl-Banden 21-15 und 20-13. Die Deckzahl-Mittelwerte betragen für die nasale Netzhautregion 19,6 und 17,38 Einheiten, womit sie sich von den Maxima um 2,4 und 3,62 1/10 log. Dek., von den Maxima um 2,4 und 3,38 Einheiten unterscheiden (Tabelle 33 b); für die temporale 18,2 und 16,15. Hier sind die Deckzahl-Spannen bis zur oberen Grenze jeweils 2,8 und 3,85, zur unteren 3,2 und 3,15 1/10 log. Dek. groß.

Die Sensibilitätsabnahmen innerhalb der Empfindlichkeitskurven (Tabelle 34) betragen für die Gruppen A mit D von 0° nach dem temporalen Gesichtsfeldort von 25° 92,05 % (Tabelle 34a), für den nasalen 94,1 % (Tabelle 34b). Diese Zahlen sind die Mittelwerte aus den Bereichen 84,0 bis 96,0 und 87,5 bis 98,0 %, welche sich aus den Ergebnissen 4,0 bis 16,0 % ($E_K 25^{\circ}$ nas. % von $E_K 0^{\circ}$) ableiten. Dabei betragen die Durchschnittswerte dieser Sensibilitätsspektren 7,95 und 5,9 %. Das Empfindlichkeitsgefälle bei den Profilen der Gruppen E und H beträgt zur temporalen Gesichtsfeldstelle von 25° 90,84 % (79,7 bis 97,5 %, Tabelle 34a), zu der nasalen 93,11 % (84,0 bis 97,53 %, Tabelle 34b). Diesen Differenzbeträgen entsprechen die Prozentzahlen 9,16 und 6,89, welche wiederum die Durchschnittsempfindlichkeit dieser beiden Lokalisationen in % der Zentrums-Sensibilität zum Ausdruck bringen. Die zugehörigen Bereiche erstrecken sich von 2,5 bis 20,25 % resp. 2,47 bis 16,0 %.

In der Tabelle Nr. 35 sind die wichtigsten Resultate der Untersuchung zweier emmetroper Versuchspersonen notiert, um eine Vergleichsmöglichkeit für die nach Korrektur einer Refraktionsanomalie gewonnenen Ergebnisse bei Ametropen und Presbyopen zu schaffen.

12. Profilschnittpunkte, Alter und Pupillenweite

Die maximalen Exzentrizitäten der Profilschnittpunkte haben wir in der Tabelle 36 für alle Gruppen zusammengestellt. Daneben wird angegeben, wie oft der temporale Profilschnittpunkt weiter von 0° entfernt ist als der nasale und umgekehrt. Die von der Zahl 10 subtrahierte Summe dieser beiden Werte deutet darauf hin, daß beide Exzentrizitäten gleichgroß sind oder aber, daß eine

Entscheidung infolge der Interferenz mit dem blinden Fleck oder wegen der Lokalisation des charakteristischen Punktes außerhalb unseres Aktionsradius nicht möglich ist.

Das mittlere Alter der Versuchspersonen beträgt Tabelle 37 zufolge für die Gruppen A mit D 23,35 Jahre, wobei die älteste 30, die jüngste 20 Jahre alt ist. Die durchschnittliche Pupillenweite ($\emptyset$) mißt 7,63 mm, jedoch maximal 9,5, minimal 6,0 mm. Die Patienten der Abteilungen E mit H sind 41 bis 78 Jahre alt, durchschnittlich 56,55, wobei darauf hingewiesen werden soll, daß bei einem aufgeschlossenen älteren Probanden die statische quantitative Perimetrie für den Untersucher angenehmer sein kann als die eines kritischen Studenten, der seine Schwellenwahrnehmung im nächsten Moment negiert. Der mittlere Pupillendurchmesser beträgt hier 6,48 mm, berechnet aus dem Meßbereich von 4,5 bis 8,5 mm.

b) Programme

Die Tabellen Nr. 38,39 und 40 zeigen unsere 3 ALGOL-Programme. Mit dem ersten Programm (Nr. 38) lassen sich die den in asb angegebenen Schwellenleuchtdichten entsprechenden relativen Sensibilitäten errechnen.

Für das zweite Programm (Nr. 39) müssen jeweils 6 Schwellenwerte eingelesen werden (Leuchtdichteschwellen bei 0° , 25° temp. und nasal, jeweils mit und ohne Brillenglas ermittelt), um die folgenden Sensibilitätswerte zu erhalten:

- E bei 0° ohne Korrektur, in % des hier mit Korrektur
ermittelten Wertes,
E bei 25° temp. mit Korrektur, in % des mit Korrektur bei
0° ermittelten Wertes,
E bei 25° nas. mit Korrektur, in % des mit Korrektur bei
0° ermittelten Wertes,
E bei 25° temp. ohne Korrektur, in % des ohne Korrektur bei
0° ermittelten Wertes,
E bei 25° nas. ohne Korrektur, in % des ohne Korrektur bei
0° ermittelten Wertes.

Der Berechnung liegt die erwähnte Formel zu Grunde:

$$E = \frac{J_A \cdot 100}{J_B} \quad (\ %)$$

Die Umfeldleuchtdichte erscheint in dieser Gleichung nicht, da sie im Zähler und Nenner auftritt und sich so herauskürzt.

Die vorgesehene Berechnung der Empfindlichkeit bei 25° ohne Refraktionsausgleich in Prozent der mit Brillenglas gemessenen Sensibilität an derselben Stelle übrigst sich: Aus dem Unterschied bei 0° zwischen den beiden Profilen und ihrer unterschiedlichen Steilheit läßt sich bereits erkennen, daß im Zentrum der Empfindlichkeitsverlust ohne Korrektur gegenüber dem mit Brillenglas erhaltenen Wert größer ist als bei 25° temporal oder nasal.

Das dritte Programm ermöglicht die Fehlerrechnung für den $\log \frac{J_K}{J_S}$ 0° nach der sog. Gaußschen Glockenkurve

= Kurve der Normalverteilung:

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2 x^2}$$

Berechnet wird die Streubreite $\pm s$ der Einzelwerte (= Wendepunkt der Kurve) und der 1-, 2-, 3-fache mittlere Fehler ($\pm sq$) des Mittelwertes, um Aussagen über die Signifikanz unserer Resultate machen zu können.

Nötige Formeln:

$$m = \frac{\sum x}{n}$$

m = Mittelwert, x = Einzelwert, n = Zahl der Ergebnisse

$$x = x - m$$

x = Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta x)^2}{n \cdot l}}$$

$$sq = \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Wie Zeile 24 dieses Programms (Nr. 40) zeigt, haben wir die Ergebnisse wie bei den anderen Programmen bis auf 4 Stellen hinter dem Komma ausrechnen lassen. In die Tabellen wurden jedoch auf 2 Dezimalen aufgerundete Werte aufgenommen.

Die aufgeführten Programme sind auch für die Auswertung größerer Daten-Serien geeignet. In Zukunft wird es sogar möglich sein, Schwellenwertskurven mit dem sog. Plotter, einem an den Computer anschließbaren Zeichengerät, auszudrucken.

c) Einzeldarstellungen

Im Folgenden sollen einige Beispiele unserer Untersuchungsreihe besprochen werden:

1. Proband S., Gruppe A, Nr. 1

Das Profil Nr. 8 ist das Resultat der statisch quantitativen Gesichtsfeldbestimmung des 23jährigen Probanden S., mit einer Ametropie von -5,0 dptr. und einer Pupillenweite von 8,5 mm nach Adaptation an die Untersuchungshelligkeit 10 asb. Die Schwellenleuchtdichten bei 0° und der nasalen und temporalen retinalen 25°-Exzentrizität

betragen mit Korrektur 1,25, 12,5 und 20,0 asb, ohne Ausgleich der Myopie 7,9, 40,0 und 50,0 asb. Daraus lassen sich für die höhere Profilkurve die Empfindlichkeiten 8,0 bei 0° , 0,8 für eine 25° temporal liegende Stelle im Gesichtsfeld und 0,5 für die isoexzentrische nasale errechnen. Die zentrale Sensibilität der niedrigeren, unkorrigiert aufgezeichneten Kurve beträgt dagegen 1,27; temporal finden sich Werte von 0,25 und nasal von 0,2. Aus der Darstellung 8 lassen sich die Schwellenwerte nicht so genau ablesen wie aus dem größeren Original-Schema, welches eine feinere Gradeinteilung aufweist. Auf diese mußte jedoch, auch aus Gründen der Übersichtlichkeit, verzichtet werden. Alle wichtigen Daten sind aber in den Tabellen (Nr. 2 bis 4) für die Gruppe A unter der den Probanden S. betreffenden laufenden Nummer 1 zu finden.

Für das Isopteren-Gesichtsfeld (Abb. 9) haben die Schnittpunkte einer abszissenparallelen Linie, deren Abstand von der Grundlinie von der Leuchtdichte des bewegten Prüfpunktes abhängt, mit den Empfindlichkeitskurven (Nr. 8) Bedeutung. Im Fall der Versuchsperson S. (A 1) schneidet die der Helligkeit 12,5 asb entsprechende Gerade das mit Korrektion bestimmte Profil temporal bei 25° , nasal bei 23° , die niedrigere Empfindlichkeitskurve bei isoexzentrischen 7° , stets auf den 0° - 180° Meridian bezogen. Aus dem Isopteren-Gesichtsfeld lassen sich annähernd dieselben Werte für die Schnittpunkte der entsprechenden Linien gleicher Empfindlichkeit mit der Horizontalen ablesen. Die Parallele zur Abszisse durch 50 asb (Darstellung 8) kreuzt das korrigiert gewonnene Profil im Bereich des blinden Flecks etwa bei $12 \frac{1}{4}^{\circ}$ und $18 \frac{3}{4}^{\circ}$, die unkorrigiert ermittelte Schwellenkurve bei $11 \frac{1}{4}^{\circ}$ und $18 \frac{3}{4}^{\circ}$. Den 1000 asb-Wert erreicht erstere Kurve bei $12 \frac{1}{2}^{\circ}$ und $18 \frac{1}{2}^{\circ}$, die zweite bei 12° und 17° . Diese Zahlen werden hier deshalb angegeben,

weil sich so die Größen und Lagen des mit und ohne Brillenglas aufgezeichneten blinden Flecks vergleichen lassen, wie in der Diskussion auszuführen sein wird. Näherungsweise lassen sich diese Angaben auch dem Gesichtsfeld Nr. 9 entnehmen.

2. Proband K., Gruppe A Nr. 7

Die Versuchsperson K. (Gruppe A Nr. 7), 22 Jahre alt, Myopie von -4,5 dptr. und Pupillenweite von 8,5 mm nach Voradaptation wird aufgeführt, weil im Bereich des blinden Flecks nur die mit Glasvorsatz erzielte Schwellenwertskurve die 1000 asb-Abszisse bei $12\frac{1}{2}^{\circ}$ und 17° erreicht (Abb. 10). Das niedrigere, unkorrigiert gewonnene Profil schneidet jedoch noch eine der Leuchtdichte 50,0 asb entsprechende Gerade bei $11\frac{1}{2}^{\circ}$ und 18° , wofür sich mit der höheren Kurve die Ergebnisse $12\frac{1}{4}^{\circ}$ und $17\frac{3}{4}^{\circ}$ angeben lassen. Die den aus Tabelle 2 zu entnehmenden Schwellen an den von uns gewählten Orten im Gesichtsfeld lassen sich die Empfindlichkeiten 25,0 und 2,5 für das Zentrum, 1,27 und 0,4 für die temporale 25° -Exzentrizität und 1,0 bzw. 0,31 für die nasale zuordnen. Dabei gehen die Profile ebensowenig wie bei Fall A 1 innerhalb unseres Untersuchungsbereiches ineinander über.

Die mit der Markenkombination $10'/6,3$ asb erzielten Isopteren (Abb. Nr. 11) schneiden den 0° - 180° -Meridian bei etwa 23° temporal und 21° nasal, resp. bei nahezu isoexzentrischen 7° ; dieser letzte Wert gilt dabei für die ohne Korrekturglas erfolgte Prüfung.

3. Proband M., Gruppe A Nr. 2

Die Untersuchungsergebnisse bei M. werden wegen des Verlaufs der korrektionslos festgestellten Isoptere (Abb. 13) besprochen. Diese kreuzt den 0° - 180° -

Meridian bei etwa 9° in der temporalen und ca. 14° in der nasalen Gesichtsfeldhälfte. Die weitere mit Korrekturglas erzielte Isoptere weist die Schnittpunkte 20° und ungefähr 18° auf.

Leuchtdichteschwellen von 32 asb werden im Bereich des blinden Flecks mit Ametropie-Ausgleich durch Glasvorsatz bei 12° und 17° erreicht, ohne Korrektion bei 11° und 17° . Der 27jährige M. mit einer Refraktionsanomalie von $-5,0$ dptr. und einer nach der Untersuchung gemessenen Pupillenweite von 6,0 mm erreicht zentral Empfindlichkeitswerte von 12,66 und 1,59, wobei letzterer unkorrigiert festgestellt wurde. Die zugehörigen Schwellenleuchtdichten betragen 0,79 und 6,3 asb. Temporal bei 25° lauten die Ergebnisse dagegen 12,5 und 16,0 asb, nasal 16,0 und 20,0 asb, wobei der größte Wert von der ohne Korrektion erfolgten Messung stammt. Die Sensibilitäten betragen hier, für die nasale Netzhautstelle, 0,8 und 0,63, für das temporale Areal 0,63 und 0,5. Es sei darauf hingewiesen, daß bei der Versuchsperson M. die Profile temporal bei 27° , nasal bei 28° , einen gemeinsamen Punkt zu verzeichnen haben (Abb. 12).

4. Schematische Darstellungen

Um uns die Betrachtung einzelner Fälle aus den weiteren Gruppen zu ersparen, haben wir eine schematische Darstellung (Abb. 14) eines mit Korrektur aufgezeichneten Profils und der Schwellenwertskurven, wie sie sich bei den Gruppen A bis D (von unten nach oben) finden könnten, in die Arbeit aufgenommen. Der Bereich des zu erwartenden blinden Flecks wurde aus didaktischen Gründen ausgespart. Auf die unterschiedlichen

Höhen der Schnitte durch den "Empfindlichkeitsberg" der Retina und die Steilheit des jeweiligen Profil-Abfalls bei den verschiedenen Stärken der Refraktionsanomalie sei bereits an dieser Stelle hingewiesen. Die dieser Übersichtsdarstellung entsprechende Abbildung für die Abteilungen E mit H hat die Nummer 22, wobei in der gegebenen Reihenfolge der Gruppen zu jeder von oben nach unten jeweils das tiefer gelegene Profil gehört.

Die in Darstellung Nr. 15 abgebildeten Kreise sind nicht etwa aus Mittelwerten gewonnene Isopteren, sondern stellen für jede Gruppe der kurzsichtigen Patienten die maximale äußere Grenze des Bereichs dar, in welchem Profil-Unterschiede in den mit und ohne Myopie-Ausgleich aufgezeichneten Schwellenwertskurven bestehen. Sie sind also der jeweilige geometrische Ort der maximalen Exzentrizitäten des Profilschnittpunktes für die Gruppen B bis D (von außen nach innen). Für die Abteilung A liegt dieser Wert außerhalb von 30° . Trotzdem findet sich für sie am Schema-Rand ein Kreis, der richtungsweisend für die Beantwortung der Frage nach der Notwendigkeit einer Refraktionskorrektur in Abhängigkeit von deren Stärke sein kann. Die Kreise der Gruppe B, C und D schneiden dabei unseren 0° - 180° -Meridian bei 26° , 17° und 8° . Die Abbildung 23 kommt dieser Zusammenschau gleich, sie bezieht sich aber auf die Gruppen E bis H, also auf presbyope und presbyop-hyperope Probanden. Abgesehen von dem gemeinsamen Kreis bei 30° für die Gruppen H und G, schneiden die Kreise der Gruppen F und E den Meridian von 0° - 180° bei 28° resp. 16° . Diese Werte finden sich auch in der Tabelle 36 übersichtlich angeordnet, da sie für die Bestimmung von Isopteren bei Personen mit Refraktionsfehlern besonders wichtig sind.

5. Probandin H., Gruppe H Nr. 8

Von den nun zu besprechenden Untersuchungsergebnissen der presbyopen und presbyop-hyperopen Versuchspersonen sollen zunächst die Isopteren und Profilkurven der Probandin H. (H8) ausgewählt werden, welche zum Zeitpunkt der Untersuchung 58 Jahre alt war und eine Nahbrille von +5,0 dptr. benötigte, um Nieden I bei 33 cm Entfernung flott lesen zu können. Die Pupillennmessung ergab einen Durchmesser von 7,5 mm. Die Schwellenwertskurven erreichen einen Gipfel von 1,6 und 20,0 asb, was den Sensibilitätswerten 6,25 und 0,5 entspricht, wobei der letzte ohne, der erste mit Korrekturglas gemessen wurde. Am 25° Punkt der temporalen Gesichtsfeldhälfte betragen die Leuchtdichteschwellen 12,5 und 50,0 asb, am isoexzentrischen Ort der nasalen Hälfte 16,0 und 63,0 asb. Das letzte Ergebnis gilt dabei jeweils für die unkorrigiert aufgezeichnete, niedrigere Kurve in Abbildung 16. Die E-Werte liegen für die temporale Gesichtsfeldstelle bei 0,8 und 0,2, nasal bei 0,63 und 0,16.

Der Schnittpunkt der abszissenparallel verlaufenden 10-asb-Linie mit dem Profil, welches das größere Funktionsfeld besitzt, liegen bei 21° und 19° . Die 15-asb-Linie schneidet diese Empfindlichkeitskurve innerhalb des Aktionsradius von 30° gar nicht, dafür das niedrigere Profil nahezu isoexzentrisch bei 8° . Diese Zahlen sind mit den aus Abbildung 17 zu ersehenden Werten für die gemeinsamen Punkte der beiden Isopteren mit dem Horizontal-Meridian annähernd identisch.

Die wieder für die Ausdehnung des blinden Flecks wichtige 50-asb-Linie wird von beiden Schwellenkurven einmal bei ca. $11 \frac{3}{4}^{\circ}$ gekreuzt; der jeweilige 2. Schnittpunkt liegt für das mit Ausgleich der Refraktionsanomalie erzielte Profil bei $17 \frac{1}{2}^{\circ}$, für die niedrigere Em-

pfindlichkeitskurve bei 19° . Diese erreicht die 1000-asb-Abszisse etwa bei $12 \frac{1}{2}^{\circ}$ und $18 \frac{1}{4}^{\circ}$, welche das andere Profil bei 12° und ungefähr $17 \frac{1}{2}^{\circ}$ schneidet.

6. Proband P., Gruppe H Nr. 7

Die Darstellungen 18 und 19 beziehen sich auf den Fall der 56jährigen Versuchsperson P. (H7) mit einer Nahkorrektur von 4,75 dptr. und einer Pupillenweite von 7,0 mm. Beide Profile erreichen in keiner Phase der Untersuchung die Abszisse. Sie werden jedoch von der zu dieser parallelen 50-asb-Linie bei 18° und 13° , resp. $15 \frac{1}{2}^{\circ}$ und 13° geschnitten, wobei die letzten beiden Zahlen auf die niedrigere Sensibilitäts-Kurve bezogen sind, welche zentral 10,0 asb, temporal 32,0 asb und bei isoexzentrischen 25° nasal im Gesichtsfeld 40,0 asb erreicht. Den nasal ermittelten Wert hat dieses Profil dabei mit dem Empfindlichkeitsquerschnitt gemeinsam, welcher mit Brillenglas-Vorsatz aufgezeichnet wurde. Hier befindet sich nämlich der eine Schnittpunkt der beiden Profile, wohingegen der temporale bei 28° zu liegen kommt (Tabelle 29). Damit steht dieser Fall im Gegensatz zum vorher angeführten, wo die beiden Sensibilitätskurven innerhalb 30° nicht ineinander übergehen, von den Schnittpunkten im Bereich des blinden Flecks natürlich abgesehen. Die höchste Empfindlichkeit erreicht P. mit einem Plusglas von +4,75 dptr. in der Fovea centralis mit 12,66 entsprechend dem Leuchtdichtewert 0,79 asb; an einem in der Horizontalen 25° nasal vom Zentrum entfernt liegenden Areal beträgt sie 0,4 (25,0 asb), für die isoexzentrische temporale Stelle der Retina findet sich der Wert 0,25 (40,0 asb). Ohne Korrektur müssen der Versuchsperson innerhalb des 4-Punkt-Fixierzeichens schon 10 asb (Empfindlichkeit 1,0) angeboten werden, damit sie eine Schwellenwahrnehmung

hat, am 25° vom Zentrum entfernten Ort in der nasalen Netzhauthälfte sind 32,0 asb nötig, entsprechend der Sensibilität 0,31.

Die beiden Isopteren (Abb. 19) schneiden den 0° - 180° -Meridian bei annähernd 23° und 21° , bzw. bei etwa $7,5^{\circ}$ und 7° . Diese Angaben stimmen gut mit der Lokalisation der Profil-Schnittpunkte mit der horizontalen 16,0-asb-Geraden überein.

7. Probandin A., Gruppe H Nr. 9

Die Versuchsperson A., auf welche sich die Darstellungen Nr. 20 und 21 beziehen, besitzt eine Lesebrille von +5,0 dptr., mit der sie für die Nähe optimal auskorrigiert ist. Mit dieser beträgt die Empfindlichkeit der Fovea des linken Auges der bereits 70jährigen Versuchsperson 5,0 entsprechend der Schwellenleuchtdichte von 2,0 asb. An einem 25° exzentrischen Ort der temporalen Gesichtsfeldhälfte ist die Sensibilität 0,5 (20,0 asb) mit und 0,2 (50,0 asb) ohne Korrektur groß. Der entsprechende Ort im nasalen Teil des Gesichtsfeldes erreicht mit Korrektur eine Schwellenleuchtdichte von 25,0 asb entsprechend der Sensibilität 0,4, ohne Refraktionsausgleich betragen die adäquaten Werte 63,0 asb und 0,16. Dabei erreicht das Zentrum unkorrigiert eine Empfindlichkeit von 0,5, die sich aus der Helligkeitsschwelle von 20,0 asb errechnen läßt.

Die beiden Profile schneiden sich in unserem Untersuchungsbereich nur ein Mal, und zwar bei $12^{\circ}/79$ asb. Die Parallele zur Abszisse entsprechend diesem Leuchtdichtewert kreuzt das höhere Empfindlichkeits-Profil bei $17 \frac{1}{2}^{\circ}$, das niedrigere ungefähr bei $19 \frac{1}{2}^{\circ}$, welches die 1000-asb-Abszisse letztlich bei annähernd $13 \frac{1}{4}^{\circ}$

und $17 \frac{1}{2}^{\circ}$ erreicht. Diesen Punkten entsprechen die Werte $12 \frac{1}{2}^{\circ}$ und $16 \frac{1}{2}^{\circ}$ der mit Korrektur aufgezeichneten Schwellenkurve.

Die mit Brillenglas und der Markenkombination $10'/25,0$ asb aufgenommene Isoptere hat mit dem 0° - 180° -Meridian die Exzentrizitäten 25 und 27° gemeinsam. Ohne Korrektion findet sich nur ein kleiner zentraler Empfindlichkeitsbereich mit derselben Prüfpunkteinstellung. Die auch hier abschließend erfolgte Messung der Pupillenweite ergab 5,0 mm.

8. Emmetrope Versuchspersonen

In die beiden letzten Abbildungen Nr. 24 und 25 haben wir die Ergebnisse der Untersuchung zweier verschiedener Personen gleichzeitig hineinprojiziert: Es handelt sich dabei um einen emmetropen, 20jährigen Studenten und eine 41 Jahre alte Probandin, ebenfalls emmetrop. Die bei der Untersuchung dieser beiden Vergleichspersonen gemessenen Schwellen haben wir tabellarisch (Nr. 35) erfaßt.

Der Jugendliche besitzt im Zentrum eine Empfindlichkeit von 25,0, abgeleitet aus der Deckzahl 34 und der ihr gleichzusetzenden Leuchtdichte 0,4 asb, die andere Versuchsperson eine Sensibilität des Grades 8,0, entsprechend der Leuchtdichte 1,25 asb (DZ 29). Die für uns interessanten 25° -Exzentrizitäten erreichen im temporalen Anteil des Gesichtsfeldes eine Empfindlichkeit von 1,0 und 0,8, errechnet aus den Schwellenwerten 10 asb (DZ) und 12,5 asb (DZ 19), nasal 1,0 und 0,5 entsprechend den Helligkeitswerten 10 und 20,0 asb, Deckzahlen 20 und 17.

Die mit einer 10 asb hellen Marke aufgezeichneten Isopteren kreuzen den von uns statisch geprüften Meridian einmal bei 25° und 28° , das andere Mal bei etwa 19° und 23° . Diese Werte zeigen große Ähnlichkeit mit den Grad-Angaben, welche sich aus Schema 24 für die Schnittpunkte der 10-asb-Horizontalen mit beiden Profilen ersehen lassen.

Die der Markenkombination 10'/32 asb für die zentrifugale Untersuchung des blinden Flecks entsprechende Linie, 15 DZ-Einheiten von der Abszisse entfernt, schneidet das Profil des Studenten bei $12\frac{1}{2}^{\circ}$ und 18° , die Kurve der 41jährigen Frau bei ca. 12° und $18\frac{1}{2}^{\circ}$. Der Vollständigkeit halber seien noch Angaben über die Bereiche gemacht, in welchen beide Funktionsfelder infolge des blinden Flecks einen Einschnitt erfahren: Dieser erstreckt sich bei der jungen Versuchsperson von annähernd $13\frac{1}{4}^{\circ}$ bis $17\frac{1}{2}^{\circ}$, in Graden der Exzentrizität auf dem 0° - 180° -Meridian; für die ältere ergibt sich ein Bereich von ungefähr $12\frac{1}{2}^{\circ}$ bis 18° .

Die post festum gemessene Pupillenweite der 40jährigen betrug 7,0 mm, die des Studenten 8,0 mm.

C. Diskussion

I. Profile

Damit wir die mit Refraktionsausgleich am Tübinger Perimeter im 0° - 180° -Meridian gewonnenen Profilkurven mit den Ergebnissen bei Emmetropen vergleichen können, haben wir in der Abbildung 24 entsprechende Schwellenwertskurven von einer 20jährigen und einer 41jährigen Versuchsperson dargestellt und die Resultate zahlenmäßig in Tabelle 35 erfaßt.

Wie im Normalfall die Lichtunterschiedsempfindlichkeit von einem höchsten Gipfel bei 0° terrassenartig zur Peripherie hin abfällt, beschreiben AULHORN (7) und HARMS (66). Da wir stets nur den zentralen Anteil des Gesichtsfeldes mit einem Radius von 30° untersuchen, muß ergänzend darauf hingewiesen werden, daß das Gesichtsfeld nicht etwa scharf begrenzt ist, sondern von höchster Empfindlichkeit bis zur absoluten Blindheit übergeht (117).

a) Normalprofile - mit Korrektur aufgezeichnete Profile

Aus den in Tabelle 35 angegebenen E-Werten für die beiden Normalpersonen und der Abbildung 24 ist zu ersehen, daß die Funktionsflächen, welche von den Kurven der Lichtunterschiedsempfindlichkeit umschlossen werden, nicht gleich groß sind. Vor allem für die Fovea centralis ergibt sich ein deutlicher Sensibilitätsverlust der 41jährigen Vergleichsperson gegenüber der des 21jährigen Studenten um 17,0. Wahrscheinlich kann man die Empfindlichkeitsabnahme mit dem höheren Lebensalter begründen. Jedenfalls bestätigen LAKOWSKI und ASPINALL (1969) ähnliche Befunde von anderen Au-

toren. Temporal sinkt die Sensibilität um 0,2, nasal um 0,5.

Wenn wir nun die am Tübinger Perimeter mit Korrektur der Refraktionsanomalie im 0° - 180° -Meridian aufgezeichneten Kurven der Unterschiedsempfindlichkeit mit den Resultaten bei Normalsichtigen vergleichen, stellen wir fest, daß einige Versuchspersonen ein normal hohes Profil erreichen. Dies läßt sich auch durch Gegenüberstellung der Tabellen 33a und 35 feststellen: Die mit Korrektur gemessene minimale Schwellenleuchtdichte aus den Gruppen A mit D erreicht bei 0° mit 0,32 asb einen noch etwas niedrigeren Wert als die emmetrope jugendliche Versuchsperson, welche zur Schwellenwahrnehmung 0,4 asb benötigt. Die ältere Vergleichsperson nimmt bei 0° gerade 1,25 asb wahr, das minimale Schwellenresultat aus allen korrigiert festgestellten Werten der Gruppen E mit H beträgt dagegen für 0° nur 0,5 asb. Die für die mit Korrektur aufgezeichneten Kurven errechneten Mittelwerte (Tabelle 33 a) entsprechen jedoch nicht ganz den Ergebnissen, welche wir bei Emmetropen finden. Der über die Abteilungen A bis D gemittelte Deckzahlwert für das Zentrum beträgt 30,9 Einheiten, die junge Vergleichsperson nimmt jedoch schon eine der Deckzahl 34 entsprechende Helligkeit wahr, nämlich einen um 0,4 asb helleren Prüfpunkt als das Umfeld. Der Durchschnitt der Probanden aus dem Kollektiv der Presbyopen und Presbyop-Hyperopen benötigt eine der Deckzahl 28,18 gleichzusetzende Leuchtdichte, damit die Fovea centralis eine Wahrnehmung meldet, die ältere Vergleichsperson hat aber diese schon bei einer der Deckzahl 29 adäquaten Helligkeit.

Geringe Unterschiede finden sich bei den Schwellenwerten, die bei 25° temporal und 25° nasal im Ge-

sichtsfeld bei Normalsichtigen und solchen mit korrigierten Refraktionsanomalien gemessen werden. Hat bei 25° temporal die jugendliche Versuchsperson schon eine Wahrnehmung, wenn ein Prüflicht dargeboten wird, welches ein durch die Deckzahl 20 gekennzeichnetes Graufilter abschwächt, so darf bei korrigierten Myopen die Abschwächung im Mittel nur 19,6 DZ-Einheiten betragen, nasal 18,2; für diesen Ort reicht beim jugendlich emmetropen Probanden eine Leuchtdichte von 10,0 asb ($20 \text{ 1/10 log. Dek.}$) aus. Bei der älteren Vergleichsperson beträgt der temporal ermittelte größte DZ-Wert 19, nasal 17. Die entsprechenden Mittelwerte der mit Brillenglas untersuchten Presbyopen und Presbyop-Hyperopen liegen jedoch mit 17,38 und 16,15 DZ-Einheiten etwas niedriger, was höhere Schwellenhelligkeiten bedeutet. Selbstverständlich ist in diesem Zusammenhang auf die Streuung der mit Korrektur aufgezeichneten Profile hinzuweisen. Bei den Myopen beträgt der Unterschied Mittelwert - größte Deckzahl 4,1 $1/10 \text{ log. Dekaden}$, die Deckzahl-differenz Durchschnittsergebnis - kleinstes Resultat 3,9 bei 0° (Tabelle 33b). Temporal lauten die entsprechenden Ergebnisse 2,4 und 2,6, nasal 2,8 und 3,2 DZ-Einheiten. Für die Presbyopen und Presbyop-Hyperopen finden sich als adäquate Resultate 4,82 und 3,18 für das Zentrum, für die temporale 25° -Exzentrizität 3,62 und 3,38, für die isoexzentrisch nasale Gesichtsfeldstelle 3,85 und 3,15 $1/10 \text{ log. Dek.}$

Daß wir überhaupt zwischen den Mittelwerten, aus den mit Korrektur für die Fovea gemessenen Einzelergebnisse errechnet, und den Resultaten bei Emmetropen Unterschiede feststellen können, mag zum Teil daran liegen, daß sich durch geeignete Wahl der Übersetzung Registrierkreuz-Prüfpunktantrieb der zentrale Gesichtsfeldbereich mit dreifacher Genauigkeit untersuchen läßt. Die Tatsache

dieser Differenzen läßt sich nicht verleugnen, selbst wenn MONJÉ und OFFERMANN (91) schreiben: "Korrigiert finden sich normale Verhältnisse".

An der von uns bewußt unterlassenen Korrektur des ohnedies nur in geringem Maße tolerierten Astigmatismus kann es nicht liegen, da der zusätzliche Ausgleich dieser Anomalie im Einzelfall keine noch besseren Ergebnisse erbringt. Die Bedeutung der Lichtreflexion und -absorption des Brillenglases in diesem Zusammenhang ist weiter unten zu besprechen. Speziell zu der im Vergleich zur 41jährigen Versuchsperson größeren mittleren Schwellenleuchtdichte für das Zentrum bei den Patienten aus den Gruppen E-H läßt sich sagen, daß diese Probanden im Durchschnitt 56,55 Jahre alt, also gut 15 Jahre älter als die Normalperson sind. Demnach kann die Ursache für die Empfindlichkeitsminderung mit MAZZANTINI (86), der sich auf die Untersuchungen GOLDMANNs und ZEHDNER-ALBRECHTS stützt, auf eine altersbedingt zunehmende Braunfärbung der Linse zurückzuführen sein.

Letztlich schließen wir uns jedoch KOMMERELL (1969) an, der als Erklärung für die auch nach optimaler Korrektur etwas zu niedrig liegende Kontrastempfindlichkeit (neben einer organischen Netzhautveränderung) wegen der schrägstehenden Fundusebene den Stiles-Crawford-Effekt in Betracht zieht. Nach diesem haben schräg zur Rezeptorenachse auffallende Strahlen geringeren Erregungseffekt als solche, die in Achsenrichtung einfallen (121). Eine erklärende Hypothese findet sich bei SIEBECK (117), welche ENOCH (29) bestätigt.

Auf die geringen Unterschiede zwischen den mit Korrektur aufgezeichneten Kurven der Lichtunterschiedsempfindlichkeit und den Normalprofilen haben wir vor allem deshalb hingewiesen, weil wir teilweise die ohne Refraktions-

ausgleich gemessenen Resultate nicht in Normprozent, sondern in % der mit Korrektur gewonnenen Ergebnisse ausdrücken. Diese Verfahrensweise wird nämlich unserer Meinung nach der Beurteilung eines Einzelfalls besser gerecht als eine andere.

b) Sensibilitätsverlust der Fovea centralis

Wir prüften ohne Korrektion die Wahrnehmung von Leuchtdichteunterschieden, um so den Einfluß der Refraktionsanomalien auf diese elementare Funktion des menschlichen Auges feststellen zu können. Wie groß der Verlust an Unterschiedsempfindlichkeit für die Fovea centralis in Abhängigkeit von dem Grad des Sehfehlers im einzelnen ist, wurde bereits bei der Besprechung der einzelnen Gruppen erwähnt. Die Tabellen 15a und 31a fassen die errechneten Mittelwerte neben den Minima und Maxima zusammen. Es läßt sich auf den ersten Blick erkennen, daß die Empfindlichkeitsminderung im Zentrum mit der Stärke der Ametropie bzw. Presbyopie zunimmt: Beträgt die Empfindlichkeit für die Gruppe D noch 63,43 % von der mit Korrekturglas gemessenen Sensibilität, so sind es bei der Abteilung C 50,74 %, bei B nur noch 39,14 %, um für die Einheit A den geringsten Wert von 13,58 % zu erreichen. Die sinkende Empfindlichkeit bei 0° mit fortschreitender Myopie veranschaulicht noch besser als die angeführten Zahlen die graphische Darstellung 3. Der Sensibilitätsverlust errechnet sich aus den angegebenen Werten zu 36,57 %, 49,26 %, 60,86 % und schließlich sogar 86,42 % für die Gruppen D bis A.

Bei den Presbyopen und Presbyop-Hyperopen drückt sich die scheinbare Minderung (64,91) der Lichtunterschiedsempfindlichkeit infolge der unscharfen Prüfpunkt-Abbildung auf der Retina in folgenden Zahlen aus: 47,11 %

Sensibilitätsverlust für die Einheit E, für Gruppe F 67,36 %, 75,92 % für G und schließlich 89,24 %, also knapp 90 % für die Abteilung H. Die angegebenen Resultate leiten sich ab aus den Empfindlichkeitswerten, welche in % der Sensibilität bei 0° mit Korrektur errechnet wurden, nämlich 52,89 %, 32,64 %, 24,08 % und 10,76 % für die Gruppen E bis H. Diese Angaben haben ebenfalls Eingang in die graphische Darstellung 3 gefunden; sie zeigt eindrucksvoll für die Povea centralis, wie die ohne Korrektur bestimmten Sensibilitätswerte wie bei der Myopie in zunehmendem Maße absinken. Dieser Empfindlichkeitsverlust wird auch aus den schematisierten Profilkurven der Abbildungen 14 und 22 ersichtlich: Mit ansteigender Myopie (Nr. 14) bzw. Presbyopie und Presbyopie-Hyperopie (22) kommen die Gipfel des "Empfindlichkeitsberges" infolge zunehmender Unschärfe der Abbildung auf der Netzhaut mit Minderung des Leuchtdichteunterschieds immer tiefer zu liegen. In welchen Bereich die für die Ametropen und Presbyopien angegebenen Werte streuen, sieht man aus den Sensibilitätsspektren, deren Grenzwerte auch in den Zusammenstellungen 15a und 31a angegeben sind.

Nach HARMS (1969) kann man für die Streuung, mit der ganz allgemein eine einzelne Versuchsperson die Leuchtdichteschwelle anzugeben vermag, mit etwa $\pm 1/10$ logarithmischer Dekade ansetzen. Oberhalb und unterhalb eines Mittelwertes beträgt sie dagegen nach demselben Autor etwa $2/10$ log. Dek. Zum Vergleich dienen unsere Ergänzungstabellen der Zusammenstellungen Nr. 14 und 30, nämlich 14d und 30d. Hier werden die Mittelwerte der Differenzbeträge zwischen Schwellenleuchtdichte-Durchschnittswert und zugehörigem Maximum und Minimum aufgeführt, wobei die Gliederung nach den Tabellen 14a,b,c bzw. 30a,b,c erfolgt. Die Ergebnisse

zeigen, daß für einige Gruppen die Streubreite größer als die von HARMS mit $\pm 2/10$ log. Dek. angegebene ist. Im anderen Fall liegen jedoch die Werte vollständig innerhalb des $\pm 2/10$ -Bandes, etwa bei den Ergebnissen für $J_K 25^\circ$ temp. Dabei scheint die Dispersion der Ergebnisse bei 25° Exzentrizitäten etwa so groß wie die des Zentrum-Wertes zu sein. JAYLE, VOLA, AUBERT und BRACCINI (73) berichten von einer größeren Streuung peripher gewonnener Resultate gegenüber den für 0° gemessenen Werten. Innerhalb unseres Untersuchungsbereichs finden wir eine derartige Aussage nicht bestätigt. Vielmehr machen wir die Feststellung, was wir zahlenmäßig belegen können, daß die Dispersität in einem Bereich zwischen unseren charakteristischen 25° -Exzentrizitäten und dem Zentrum am größten ist.

Untersucht man die Streuung der Angaben einer einzelnen Person über ihre Schwellenwahrnehmung, so ist diese selbstverständlich bei uns kleiner als die in den Tabellen für größere Untersuchungen angegebene, und zwar wie bei HARMS $\pm 1/10$ log. Dek. Aufgrund dieser Tatsache haben wir die Resultate der Probanden mit Refraktionsanomalien, die einer Korrektur von $-0,5$ bis $+0,5$ dptr. bedürfen, nicht in unsere Auswertungsreihe übernommen. Dasselbe gilt für jugendlich hyperope Patienten. Wir fanden nämlich bei Hyperopie von $+3,0$ dptr. (Alter der Versuchsperson M.: 22 Jahre, Pupillenweite $7,5$ mm) eine Differenz von $1/10$ log. Dek. zwischen den Gipfeln der mit und ohne Korrektur aufgezeichneten Profile. Dieser Umstand läßt sich durch entsprechend große Akkommodationsbreite erklären. Auch den Ergebnissen der Gruppe D darf man kritisch gegenüberstehen. Hier finden sich Tabelle 12 gemäß meist Differenzen von $2/10$ log. Dek. für das Zentrum, das ja zunächst einmal entscheidend ist. Gestehen wir aber jedem Ein-

zelwert eine $\pm 1/10$ -log.-Dek.-Streuung zu, kommt es somit bereits zur Berührung der beiden Schwellenbereiche, welche die mit und ohne Korrektur feststellbare Empfindlichkeit charakterisieren. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß zudem "Unge-
nauigkeiten durch Schwankungen der Reizbedingungen und Schwankungen der Reaktionsweise des Organismus" vorkommen (62). Darüberhinaus handelt es sich um einen Meßvorgang, an dem zwei Individuen, der Untersuchte und der Untersucher, teilnehmen.

Die Fluktuationen der Empfindlichkeit an den verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes zu verschiedenen Zeitpunkten (66) fallen bei uns nicht weiter ins Gewicht, da ja sowohl die Prüfung mit als auch die ohne Korrekturglas, durch eine Pause getrennt, doch in einem Arbeitsgang erfolgte. Die Zeitspanne zwischen den beiden Untersuchungen, zu der weitere Unterbrechungen jeweils nach erfolgter Testung einer Gesichtsfeldhälfte kamen, sollte einen Ermüdungseffekt vermeiden helfen. Daß bei der Ermüdung aber hauptsächlich psychische Faktoren überwiegen, beschreibt DUBOIS-POULSEN (1969). Trotzdem haben wir unsere ersten 35 Versuchspersonen mit und dann ohne Korrektur untersucht, die weiteren in umgekehrter Reihenfolge der Prüfmethode. Dabei fanden sich keine eindeutigen Hinweise auf etwaige Ermüdungserscheinungen.

Eine Fehlermöglichkeit, die bei unseren Untersuchungen nicht ausgeschlossen wurde, ist die anscheinend variable Orientierung des Bulbus in der Orbita, auf welche bei der Besprechung des blinden Flecks hinzuweisen sein wird. Somit kann man bei der Profilperimetrie im 0° - 180° - Meridian, selbst unter Beachtung aller Kautelen bei der Einstellung und Zentrierung des Patienten Auges, letzten Endes nicht sicher sein, daß genau der gewünschte Meridian untersucht wird.

Die von HARMS angegebenen Streubreiten beziehen sich auf Schwellenwerte. Wir haben dagegen versucht, die Streuung der Einzelwerte ($\pm s$) und den 1-, 2-, 3-fachen mittleren Fehler des Mittelwertes ($\pm sq$) für Schwellendifferenzen auszurechnen und zu vergleichen. Betrachten wir die schematisch dargestellten Profile in den Abbildungen 14 und 22, welche die ohne Korrektur aufgetragenen Lichtunterschiedsempfindlichkeitskurven der Gruppen A bis D und E bis H zusammenfassen: Es wird ersichtlich, daß der Abstand der Gipfel mit zunehmender Refraktionsanomalie von der obersten Kurve, welche mit Refraktionsausgleich festgestellt worden sein soll, immer größer wird. Ebenso zeigt Abbildung 2, wie die Deckzahl-Säulen, welche den Schwellenleuchtdichteunterschieden bei 0° entsprechen, in Abhängigkeit von der dp_{tr} -Zahl rasch anwachsen. Die dieser Darstellung zugrunde liegenden Mittelwerte finden sich neben den jeweiligen Maxima und Minima in den Tabellen 16 und 32.

Für die Gruppe A beträgt die mittlere Deckzahl-Differenz zentral $8,8 \text{ } 1/10 \text{ log. Dek.}$, wobei die Streubreite (s) der Einzelwerte dieses Kollektivs $\pm 1,14$ beträgt. Zudem muß die mittlere Streuung (sq) des erwähnten Mittelwertes angegeben werden. Ein Durchschnittsresultat ist nämlich von einem unter gleichen Bedingungen gefundenen anderen Mittelwert erst dann signifikant verschieden, wenn der Abstand zwischen beiden größer ist als $3 \text{ } sq$. Innerhalb des $\pm 3 \text{ } sq$ -Bereichs liegen dabei 99,7 % aller möglichen Mittelwerte für eine Gruppe. Bei der Abteilung A beträgt der Wert für $3 \text{ } sq \pm 1,08 \text{ } 1/10 \text{ log. Dek.}$. Somit ist der Mittelwert der Gruppe B von $4,1 \text{ } 1/10 \text{ log. Dek.}$ signifikant von dem der Einheit A verschieden, da er außerhalb des Bereichs $8,8 \pm 1,08 \text{ } 1/10 \text{ log. Dek.}$ liegt. Umgekehrt befindet sich der Mittelwert für A außerhalb des $\pm 3\text{-}sq$ -Bandes von B. Der Mit-

telwert der Gruppe C von 3,0 DZ-Einheiten ist wieder von dem der Gruppe B signifikant verschieden. Hier beträgt nämlich der 3-sq-Bereich $4,1 \pm 0,54$ 1/10 log. Dek. Eine Signifikanz liegt auch zwischen den Abteilungen C und D vor, wobei der Mittelwert der letzteren 2,0 1/10 log. Dek. groß ist und sich außerhalb der Grenze von $\pm 0,63$ DZ-Einheiten des Mittelwertes 3,0 befindet. Ebenso gehört dieser Mittelwert nicht zu dem Bereich $2,0 \pm 0,45$ 1/10 log. Dek.

Bei der Gruppe E beträgt das Band, innerhalb welchem ein anderer Mittelwert nicht liegen darf, um eine Signifikanz aufzuweisen, $2,8 \pm 0,6$ 1/10 logarithmische Dekaden. In diesen Bereich fällt der Mittelwert von F mit 4,9 Einheiten nicht hinein, ebensowenig gehört der Mittelwert von E in den Bereich $4,9 \pm 0,54$ 1/10 log. Dek. der Gruppe F. In dieser liegt auch nicht der Durchschnittswert der Abteilung G mit 6,3 DZ-Einheiten. Obwohl sich für dieses Resultat ein 3-sq-Wert von immerhin $\pm 0,9$ 1/10 log. Dek. errechnet, finden wir eine Signifikanz gegenüber dem Mittel der Gruppe H mit 9,8 DZ-Einheiten. Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß der Durchschnittswert der Abteilung G nicht in den Wertebereich des Kollektivs H von $9,8 \pm 0,99$ 1/10 log. Dek. zu liegen kommt.

Zusammenfassend können wir sagen: Der $\log \frac{I_K}{I_S} 0^\circ$, also der Schwellenunterschied zwischen den mit und ohne Korrektur aufgezeichneten 0° - 180° -Kurven der Unterschiedsempfindlichkeit bei 0° , ausgedrückt in 1/10 log. Dek., wird innerhalb unserer Gruppierung des Anomaliegrades signifikant größer.

c) Empfindlichkeitsgefälle vom Zentrum zu den 25° -
Exzentrizitäten des Horizontal-Meridians

Eine Kurve wird ganz allgemein durch die Steilheit ihres Verlaufs charakterisiert. Dieser entspricht bei unseren Profilen die Abnahme der Empfindlichkeit vom Zentrum zu definierten Punkten des Gesichtsfeldes, also etwa zu der temporalen und nasalen 25° -Exzentrizität auf dem 0° - 180° -Meridian.

Die Sensibilität des temporalen Gesichtsfeldortes, ausgedrückt in % der bei 0° mit Refraktionsausgleich ermittelten Empfindlichkeit, beträgt für die Gruppe A im Mittel 35,56 %, welchem eine Sensibilitätsabnahme von 0° zu dieser Stelle in Höhe von 64,44 % entspricht. Die zugehörigen minimalen und maximalen Werte sind der Tabelle 15b zu entnehmen. Für die Abteilung B liegt die Empfindlichkeitsabnahme nach der Peripherie mit durchschnittlich 76,69 % höher, wobei sich dieses Resultat aus dem ursprünglichen Empfindlichkeitswert 23,31 % ableitet. Da die Sensibilitätsabnahme in der Gruppe B größer als in der Abteilung A ist, fällt im Mittel das Profil bei Gruppe B nach temporal etwas steiler ab als bei Gruppe A. Die Ergebnisse für Gruppe C und D liegen mit 85,88 und 86,19 %, errechnet aus den unter E_S 25° temp. % von E_S 0° in Tabelle 15 b zu findenden Werten 14,12 und 13,81 %, jeweils noch höher; deshalb kann gesagt werden, daß bei diesen Abteilungen die Schwellenwertskurven, ohne Vorsatz eines korrigierenden Glases aufgezeichnet, noch stärker abfallen.

Vergleichen wir nun die in Tabelle 15b unter der Spalte E_S -Abn. 0° - 25° temp. angegebenen Prozentzahlen mit den entsprechenden der Tabelle 15c, so zeigt sich, daß die Werte für die einzelnen Gruppen mit 72,40, 82,69,

86,71 und 89,82 % jeweils höher liegen, als die bereits angegebenen Resultate. Das bedeutet, daß innerhalb einer Gruppe der nasale Empfindlichkeitsabfall stets größer ist als der temporale. Da außerdem diese Zahlen von A bis D größer werden, verläuft somit durchschnittlich das Profil der Gruppe D auf der nasalen Seite des Gesichtsfeldes steiler als das der Gruppe C, wobei sich hier wieder ein größerer Abfall zeigt als bei B. Die geringste Steilheit ergibt sich somit für die Einheit A. Der flachere Verlauf einer ohne Korrektur festgestellten Schwellenwertskurve gegenüber der mit Refraktionsausgleich aufgezeichneten (Abb. 8,10,12) erklärt sich aus der verschwommenen Prüfpunkt-Abbildung, wobei darauf hinzuweisen ist, daß dadurch auch die neurale Summation und Hemmung beeinflußt werden (ENOCH und SUNGA 1970, Nr. 30).

Da zentral, wie bereits ausgeführt, der Empfindlichkeitsverlust von der Gruppe geringerer zur Abteilung größerer Ametropie zunimmt (Abb. 14,22), andererseits aber in derselben Reihenfolge die Kurvensteilheit abnimmt, ist somit die Empfindlichkeitseinbuße der Fovea stets größer als die der Peripherie. Diese Tatsache steht im Widerspruch zum Stiles-Crawford-Effekt, demzufolge Licht beim Durchtritt durch peripheres Pupillengebiet eine geringere Helligkeit haben sollte als nahe der Pupillenmitte (121). Wenn ANDERSEN noch angenommen hat, daß sein Fall durch eine geringere Myopie der peripheren Teile des Augenhintergrundes als die der zentralen bedingt sei, kann dies nicht allgemeingültig sein, denn MONJÉ und OFFERMANN beschreiben diese Unterschiede auch für die künstlich erzeugte Myopie. Wahrscheinlich spielt jedoch der Pupillendurchmesser eine Rolle: "Die Eintrittspupille wird immer schmaler,

je peripherer der Testpunkt gelegen ist. Die beim Geradeausblick runde Pupille bildet beim seitlichen Lichteinfall einen schmalen Schlitz, der wohlgeeignet ist, die Randstrahlen des zerstreuten Bildes abzufangen und dadurch die Abbildung auf der retina zu verbessern" (91). Der Empfindlichkeitsabfall vom Zentrum zu einem exzentrischen Retina-Areal muß daher immer geringer werden, je höher die Refraktionsanomalie ist.

Das Gesagte gilt auch für die untersuchten presbyopen und presbyop-hyperopen Probanden. Die Sensibilitätsabnahme in der temporalen Gesichtsfeldhälfte wird von Gruppe E mit 76,52 % über die Abteilungen F und G mit 75,73 bzw. 71,39 % immer kleiner, um bei der Einheit H schließlich nur noch 67,99 % zu betragen (Tabelle 31b). Dieselbe Erscheinung zeigt sich für die nasale Gesichtsfeldhälfte (Tabelle 31c), wo die Werte für die Gruppen E bis H von 82,33 über 80,55 und 76,98 auf 73,06 % abfallen, und somit die Kurven zunehmend flacher als die mit Korrektur gewonnenen verlaufen.

Der Vergleich der Werte ein und derselben Gruppe aus Tabelle 31 b mit c macht wiederum deutlich, daß nach nasal der Empfindlichkeitsabfall ausgeprägter ist. Das bedeutet, daß nach unseren Untersuchungen die temporale Gesichtsfeldhälfte die empfindlichere ist. Die Ursache hierfür ist mit GLASER eine Asymmetrie der Netzhaut-Topographie und -Empfindlichkeit. Diesen Sensibilitäts-Unterschied macht die graphische Darstellung Nr. 5 deutlich. Hier sind die Mittelwerte aus den Empfindlichkeitswerten eingetragen, welche wir an den 25° -Exzentrizitäten in % des ohne Korrektur für 0° gemessenen Betrages feststellen konnten. Somit finden sich die dieser Abbildung zugrunde liegenden Prozentzahlen für die Empfindlichkeiten in den Tabellen 15b,c und 31b,c je-

weils unter den Rubriken $E_S 25^\circ \text{ temp.}$, % von $E_S 0^\circ$ und $E_S 25^\circ \text{ nas.}$, % von $E_S 0^\circ$. Dabei bedeutet die gestrichelte Linie den für 25° nasal im Gesichtsfeld ermittelten Durchschnittswert, die ausgezogene den für eine isoexzentrisch temporal lokalisierte Stelle des Gesichtsfeldes bei jeder Gruppe festgestellten Betrag. Die mit der Stärke des Refraktionsfehlers zunehmende Höhe der Säulen zeigt, daß die Empfindlichkeit bei 25° in % des 0° -Wertes immer größer, das Sensibilitätsgefälle somit flacher wird. Dabei liegen die für die nasale Netzhautstelle eingezeichneten Säulen stets höher als die für das temporale, gleichweit von der Fovea centralis entfernte Retina-Areal.

Das vor allem bei starken Anomalien gefundene flache Gefälle der im 0° - 180° -Meridian gewonnenen Profilkurven (Abb. 8,10,12;16,18,20) hat große Ähnlichkeit mit den von AULHORN (7) bei Patienten mit Trübungen der brechenden Medien aufgezeichneten Ergebnissen. Selbstverständlich waren bei den untersuchten Augen unserer Probanden laut Befund die brechenden Medien klar. Der flache Verlauf der Schwellenwertskurven in beiden Fällen ist darauf zurückzuführen, daß sowohl durch Refraktionsfehler als auch durch Medientrübungen die Schärfe der Objektkontur vermindert wird, welche schließlich für die Schwellenwahrnehmung von entscheidender Bedeutung ist.

Da sich die Minderung des Leuchtdichteunterschieds mit zunehmender Unschärfe der Prüfmarke stärker bemerkbar macht, kann man sich vorstellen, daß bei höheren Ametropien, die außerhalb unseres Untersuchungsbereichs liegen, im Horizontalmeridian schließlich eine völlige Nivellierung der Kurve stattfindet, wobei nach MONJÉ und OFFERMANN (91) die Fovea keineswegs mehr empfind-

licher als die Peripherie zu sein braucht; sie kann sogar gegenüber der temporalen Gesichtsfeldhälfte zurückbleiben, und dies umso mehr, je höher der Sehfehler ist. So ist in diesen Fällen die Feststellung großer Skotome möglich, wenn man unkorrigiert mit nicht zu hellen Marken untersucht. Bei Ametropien stärkeren Grades ist es durchaus möglich, daß sich nur noch ein Gesichtsfeldrest im temporalen Bereich findet. Dieser ist somit, wie wir bereits unserem Ergebnis entnehmen konnten, der empfindlichste (91,124,55).

d) Notwendigkeit der Korrektur bei statisch quantitativer Perimetrie

Summarisch können wir feststellen, daß mit steigendem Grad eines Refraktionsfehlers die von uns quantitativ aufgezeigten Sensibilitäts-Defizite anwachsen, wobei sich gleichzeitig innerhalb unserer Gruppierungen signifikante, in $1/10 \log.$ Dek. ausgedrückte Schwellenleuchtdichteunterschiede zwischen den mit und ohne Korrektur bestimmten Profil-Gipfeln aufzeigen lassen. Diese Tatsache, zusammen mit dem zunehmend geringer werdenden Empfindlichkeitsabfall vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes zur Peripherie hin, ist Grund genug, den vollen Ausgleich einer Ametropie oder Presbyopie mit Korrekturgläsern für die statisch quantitative Gesichtsfelduntersuchung zu fordern.

Einschränkend können wir jedoch an Hand der Tabelle 12 sagen, daß der Fehler, den man begeht, wenn erst ab $-1,75$ dptr. eine bestehende Myopie korrigiert wird, nicht nennenswert ist. Das Ergebnis liegt nämlich in diesem Fall noch im Streubereich der mit Korrektur auf-

gezeichneten Profilkurve, wobei wir diese einem Normalprofil gleichsetzen. Für die Untersuchung von Presbyopen und Presbyop→Hyperopen empfehlen wir dagegen, schon mit +0,75 dptr. starken Gläsern, wenn diese nötig sind, auszukorrigieren. Die Prüfung der wenigen Fälle mit Anomalien von +0,5 dptr. führte nämlich zu keinen diskutablen Resultaten, weshalb diese auch nicht tabellarisch erfaßt wurden. Ein jugendlich Hypermetroper braucht an sich für die statisch quantitative Untersuchung nicht auskorrigiert zu werden, solange seine Akkomodationsbreite entsprechend groß ist. Wir empfehlen die Verwendung eines Korrekturglases trotzdem, weil sie dem Probanden eine größere Anstrengung erspart und die noch zu besprechenden Vorteile einer "optischen Totalkorrektur" bietet. Die Empfindlichkeit zentraler und parazentraler Retina-Bereiche bleibt hierbei jedoch unbeeinflußt. Die Verhältnisse entsprechen denen bei jugendlichen Emmetropen, bei welchen MONTALDI und ZINGIRIAN (100) nach Vorschalten eines Plusglases keine Sensibilitätsänderung feststellen konnten.

II. Blinder Fleck

a) Verlagerung

In der Regel wird auf Grund der Ergebnisse der kinetischen Perimetrie ein Meridian für die statisch quantitative ausgesucht, der ein Optimum an Informationen zu liefern verspricht. Vor allem wird nach Profil-Depressionen gefahndet, welche topographisch als relative Skotome imponieren. An der refraktiv bedingten Einsenkungen der 0° - 180° -Profilkurven sind jedoch bei uns nur die Bezirke zwischen 10° und 20° temporal in dieser Hinsicht interessant, da hier aus den Funktionsflächen, entsprechend dem Integral der Profile, wegen der Lichtunempfindlichkeit der Papilla nervi optici ein unterschiedlich breites Areal ausgespart bleibt (Abb. 8,12; 16,20).

Die Lage dieser Areale differiert nun innerhalb der mit Korrektur des Refraktionsfehlers aufgezeichneten 0° - 180° -Kurven der Unterschiedsempfindlichkeit und den ohne Glasvorsatz gemessenen Werten. Mit anderen Worten, wir haben es hier mit einer Verlagerung des blinden Flecks im Gesichtsfeld zu tun (Abb. 9,13, 17,21). Diese Tatsache läßt sich mit bewegter Prüfmarke feststellen, wir wollen sie aber an Hand der Schwellenwertskurven diskutieren. Sie äußert sich nämlich darin, daß das mit Korrektur aufgenommene Profil die ohne Brillenglas bestimmte Empfindlichkeitskurve im Bereich des blinden Flecks schneidet (Abb. 8,16). Dies führt zu einer Verlagerung des Blinden-Fleck-Sektors im Profil, bei Myopen mit Korrektur nach temporal (Abb.8), bei Hyperop-Presbyopen nach nasal (Abb. 16). Diese Erscheinung hat schon SCHULTE (116) bei künstlich erzeugten Refraktionsfehlern festgestellt.

Als Erklärung für die mit steigender Presbyopie und Presbyopie-Hyperopie erfolgende Verlagerung des blinden Flecks in die Peripherie bietet sich nach MONJÉ, OFFERMANN, SCHULTE, Lo RUSSO und De VINCENTIIS die kleinere Abbildung des Testflecks auf der Netzhaut an. Entsprechend rückt der blinde Fleck bei großer Prüfpunkt-Abbildung wie im Fall der Myopie nach SCHULTES Ausführungen an den Fixierpunkt heran. Diese Verlagerung wird z.B. in Abb. 8 deutlich, wenn man die Schnittpunkte der Profile mit der Abszisse miteinander vergleicht. Wir haben diese Punkte im Absatz "Ergebnisse" bereits durch Zahlenangaben charakterisiert: Bei Versuchsperson S. (A8) verschieben sich die beiden Profilschnittpunkte mit der 1000-asb-Linie im Bereich des blinden Flecks infolge unterlassener Korrektur von $12\frac{1}{2}^{\circ}$ und $18\frac{1}{2}^{\circ}$ auf 12° und 17° zentralwärts, bei der Probandin A. (H9) von $12\frac{1}{2}^{\circ}$ und $16\frac{1}{2}^{\circ}$ temporal nach $13\frac{1}{4}^{\circ}$ und $17\frac{1}{2}^{\circ}$.

Die Verlagerung des blinden Flecks, die im Rahmen unserer Untersuchungen ein Nebebefund war, möchten wir anhand der Darstellung 6 veranschaulichen: Sie zeigt einen seitlich durch ein dünnes Korrekturglas tretenden Strahl: Ist das Brillenglas bikonkav, erfährt der Strahl eine Richtungsänderung im Sinn einer Divergenz durch B_2 , bei einem Bikonvex-Glas in Richtung einer Konvergenz durch B_1 . Stellen wir uns vor, daß der ungebrochene Lichtstrahl gerade den Papillenrand tangiert, so wird der durch das Plus-Glas tretende Strahl bereits im Bereich der Papille auf dieselbe treffen; der durch das Minus-Glas abgelenkte Strahl dagegen erreicht noch lichtempfindliche Netzhautareale. Wandert nun der Strahl in Pfeilrichtung (also gewissermaßen nach temporal, wenn wir AB als optische Achse eines linken Auges annehmen), so wird zunächst der das Plus-Glas durch-

setzende wieder eine Lichtempfindung auslösen, dann der ungebrochene und zuletzt der durch das Bikonkav-Glas tretende Lichtstrahl.

Kampimetrisch bestimmte Durchschnittswerte des Abstandes Mittelpunkt des blinden Flecks - Fixierpunkt, finden sich für Refraktionsfehler höheren Grades, als wir sie untersuchten, bei SCHULTE. Die "Refraktionsanomalien" wurden bei diesem Autor zwar künstlich erzeugt, doch weist er auf die Übereinstimmung mit den "natürlichen" Sehfehlern hin.

b) Größenänderung

Es findet sich nicht nur eine Lage- sondern auch eine Größen-Veränderung des blinden Flecks, die aus unseren Isopteren-Gesichtsfeldern zu entnehmen ist (Abb.9,13; 17,21). Vergleichen wir z.B. die Abbildungen 9 und 21, so finden wir ohne Ausgleich des Refraktionsfehlers jeweils eine Vergrößerung des blinden Flecks, die im Gesichtsfeld der Darstellung 21 ausgesprochener erscheint als in Abbildung 9. Selbstverständlich waren bei den Probanden von welchen besagte Gesichtsfelder stammen, keine peripapillären Veränderungen bekannt. Damit stehen unsere Ergebnisse scheinbar im Gegensatz zu den Angaben verschiedener Autoren: "Der blinde Fleck muß sich bei Hyperopie vergrößert, bei Myopie verkleinert nach außen projizieren" (129,116,91).

SCHULTE begründet sinngemäß die geringeren Ausmaße des blinden Flecks der Myopen bei Untersuchung ohne Korrekturglas mit der relativ größeren Abbildung der Prüfmarke auf der Netzhaut. Deshalb wird die Papille auf ein kleineres Feld einer frontal stehenden Fläche projiziert. Eine ähnliche Erklärung findet sich bei

GOLDMANN (1969). Die Vergrößerung des blinden Flecks bei Hyperopie infolge des relativ kleineren Retina-Bildes ist nicht sehr ausgesprochen, da hier eine Kompensation durch Verkleinerung auf Grund überschweiliger Zerstreuungskreise eintritt, wodurch andererseits der blinde Fleck bei Myopen noch etwas schmaler wird.

Zunächst sei auf die Ausführungen BENSCHTEINS (13) und ARMALYS (3) hingewiesen, wonach beim Emmetropen die Ausdehnung des blinden Flecks mit schwachen Prüfmarken zunimmt. Das kann an der dem Leuchtdichteunterschied proportionalen Wahrnehmungsgeschwindigkeit liegen (114), wahrscheinlich aber daran, daß die Profilkurven nach unseren Erfahrungen nicht im rechten Winkel im Bereich des blinden Flecks auf die Abszisse treffen. Anders ausgedrückt kann man sagen, daß die "Kraterwände" des blinden Flecks im "Empfindlichkeitsberg" der Retina nicht völlig senkrecht abfallen. Aus unseren Kurven der Unterschiedsempfindlichkeit können wir entnehmen, daß die Steilheit der Kurven im Bereich des blinden Flecks bei Refraktionsfehlern demgegenüber noch geringer ist (Abb. 8, 20).

Legen wir nun eine abszissenparallele Gerade in Abbildung 8 durch das Profil, welche $13 \frac{1}{10} \log. Dek.$, entsprechend einer Leuchtdichte von 50,0 asb, von der Grundlinie entfernt ist, so schneidet diese beide Kurven, also sowohl die mit als auch die ohne Refraktionsausgleich aufgezeichnete, einmal bei etwa $18 \frac{3}{4}^\circ$. Der zweite Schnittpunkt liegt für das mit Brillenglas aufgezeichnete Profil bei ca. $12 \frac{1}{4}^\circ$, für die ohne Korrektion dargestellte Kurve bei annähernd $11 \frac{1}{4}^\circ$. Daraus ergibt sich, daß im Bereich des 0° - 180° -Meridians der blinde Fleck, mit einer 50,0 asb hellen und $10'$ großen Marke geprüft, einen Durchmesser von etwa $6 \frac{1}{2}^\circ$ bei Untersuchung mit Brille, und einen Querschnitt von

ca. $7 \frac{1}{2}^{\circ}$ ohne Korrektur der Ametropie haben muß. Für die Größen-Relation zwischen diesen beiden Resultaten ist es von Bedeutung, daß die abszissenparallele Gerade - der von uns extra so gewählten Prüfmarkenhelligkeit für die kinetische Perimetrie entsprechend - mit beiden Schwellenwertskurven einen gemeinsamen Schnittpunkt bei $18 \frac{3}{4}^{\circ}$ hat, während zwei mehr nasal gelegene Schnittpunkte erwähnte Exzentrizität existieren. Auf die Abszisse, welche einer Helligkeit von 1000 asb entspricht, trifft die mit Glaskorrektur ausgemessene Profilkurve bei $12 \frac{1}{2}^{\circ}$ und $18 \frac{1}{2}^{\circ}$. Ohne Korrektur schneidet die Kurve der Unterschiedsempfindlichkeit einen Sektor von 12° bis 17° aus der Grundlinie aus. Diese Streckenabschnitte sind also 6° und 5° groß, wobei letzter Wert den Abstand der Schnittpunkte des ohne Korrektion aufgezeichneten Profils mit der Abszisse voneinander darstellt. Bei guter Übereinstimmung der statisch und kinetisch ermittelten Resultate würde dies bedeuten, daß der blinde Fleck im Bereich der 0° - 180° -Linie des Isopteren-Gesichtsfeldes, die identisch mit der Abszisse im Profil-Formular ist, mit Korrektur 6° , ohne Korrektur 5° -Durchmesser haben dürfte. Bei einer Prüfpunkthelligkeit von 50,0 asb wäre er also ohne Korrektur 1° größer als mit Glasvorsatz, bei einer Testleuchtdichte von 1000 asb jedoch etwa um 1° kleiner als der mit Myopie-Ausgleich bestimmte Querschnitt.

In der Darstellung Nr. 20 schneidet die der DZ 11 (79 asb) entsprechende horizontale Linie das mit Korrektur einer Refraktionsanomalie von + 5,0 dptr. aufgezeichnete Profil bei 12° und $17 \frac{1}{2}^{\circ}$, wobei der Abstand dieser Punkte voneinander $5 \frac{1}{2}^{\circ}$ beträgt. Die ohne Brillenglas ermittelte Kurve wird bei ebenfalls 12° und $19 \frac{1}{2}^{\circ}$, entsprechend einer Exzentrizitäts-Differenz von $7 \frac{1}{2}^{\circ}$, gekreuzt. Das höhere Profil

trifft auf die Grundlinie der Deckzahl 00 bei $12\frac{1}{2}^{\circ}$ und $16\frac{1}{2}^{\circ}$, das niedrigere bei etwa $13\frac{1}{4}^{\circ}$ und $17\frac{1}{2}^{\circ}$, wobei hier also der Abstand der Schnittpunkte voneinander ohne Korrektur vielleicht um $1/4^{\circ}$ größer ist als der ermittelte Wert von 4° für die Länge des Abstandes der Schnittpunkte der höheren Kurve mit der 0-Linie. An dieser Stelle seien einmal die Horizontaldurchmesser des blinden Flecks angegeben, welche verschiedene Autoren bei Emmetropen ermittelt haben: EICHENBERGER, $3^{\circ}46'$; YOUNG, $3^{\circ}5'$; INCZE, $4^{\circ}2'11''$ bis $8^{\circ}5'54''$; FERREE-RAND und WENTWORTH, $4^{\circ}28'$; GRADLE, $4^{\circ}54'$; DUKE-ELDER, 5° bis 6° ; diesen Ergebnissen gleichen die von ISRAEL (72).

Da wir kinetisch die Bereiche des blinden Flecks stets mit einer Prüfpunkthelligkeit untersucht haben, die dem anliegenden Profilniveau entsprach (Testmarkengröße konstant 10'), haben wir sowohl im Fall des Probanden S. (A 1), dessen Isopteren-Gesichtsfeld Abbildung 9 zeigt, als auch bei der Versuchsperson A. (H 9), deren Untersuchungsergebnis in Abbildung 21 dargestellt ist, eine Vergrößerung des blinden Flecks. Diese Aussage stimmt gut mit den angeführten Resultaten der statisch quantitativen Perimetrie überein. Diese Profilkurven weisen jedoch zugleich darauf hin, daß mit einer anderen Prüfpunkthelligkeit andere Werte bezüglich der Ausdehnung des blinden Flecks zu erwarten sind, welche in Übereinstimmung mit den Literaturangaben stehen. Damit erscheint uns unser Ergebnis korrekt, auch wenn wir nur mit schwelennahen Reizpunkten den blinden Fleck dargestellt haben.

c) Profildepressionen im Bereich des blinden Flecks

In der Abbildung 10 werden die Profile eines 22jährigen Probanden (A 7) dargestellt. Sie sind für uns interessant, weil die ohne Korrektur ermittelte Kurve die

O-Linie im Bereich des blinden Flecks nicht erreicht, wodurch sie sich wesentlich von dem höheren, mit Ausgleich der Myopie durch Glasvorsatz aufgezeichneten Profil unterscheidet. Ähnliches trifft für den Probanden B. (H10) aus der Gruppe der Presbyopen und Presbyop-Hyperopen zu.

Die deutliche Depression der niedrigeren Schwellenwertskurve des Probanden K. (A7) befindet sich zwischen 10 und 20° temporal. Die Spitze ihrer Konvexität erreicht dabei einen Leuchtdichtewert von 100 asb. Für die Aufzeichnung des blinden Flecks im Rahmen der topographischen Perimetrie bedeutet dies, daß man ihn mit einem Prüfobjekt, das heller als 100 asb ist, nicht finden kann. Das im Isopteren-Gesichtsfeld dieses Patienten für die Ausdehnung des blinden Flecks eingezeichnete Areal wurde mit der Markenkombination $10'/50,0$ asb ausgemessen.

Wenn ein heller Lichtpunkt auf der Papille abgebildet wird, führt er selbst sicher nie zu einer Lichtwahrnehmung. Auf Grund des bei einer starken Myopie oder anderen Refraktionsanomalie auftretenden Zerstreuungskreises stellen wir uns jedoch vor, daß die Zirkumferenz des unscharf vergrößert auf der Retina abgebildeten Reizobjektes stets lichtempfindliche Netzhautbereiche miterfaßt.

In diesem Zusammenhang wollen wir auf die Profilkurven des Herrn P. (H7) in Abbildung 18 eingehen. Hier weisen nämlich beide Schwellenkurven nur tiefe Einsenkungen im Bereich um 15° temporal auf. Ob es sich etwa um eine Bulbusdrehung handelt, kann die kinetische Perimetrie entscheiden. Tatsächlich liegt der blinde Fleck unterhalb des 0° - 180° -Meridians, den er noch etwas tangiert (Marke $10'/50,0$ asb, Abb.19). HARMS (1969) be-

stätigt die teilweise wechselnde Orientierung des Augapfels in der Augenhöhle. Er spricht von Drehungen des Auges in der Größenordnung von 10^0 . Das bedeutet aber nichts anderes, um auf die an früherer Stelle bereits angedeuteten Fehlermöglichkeiten zurückzukommen, daß eine Stelle im Gesichtsfeld trotz guter Fixation nicht mit dem Netzhautareal identisch sein muß, das man zu testen glaubt.

d) Bedeutung der Refraktion für die Bestimmung des blinden Flecks

Wie unsere Ausführungen zusammen mit den Literaturangaben zeigen sollen, ist bei der Bestimmung der Grenzen des blinden Flecks der Refraktionszustand des untersuchten Auges zu berücksichtigen. Unterschiede in der Größe des Netzhautbildes und das Auftreten von Zerstreuungskreisen können nämlich zu völlig unterschiedlichen Resultaten führen, zumal die Zerstreuungskreise in ihrer Ausdehnung und ihrem Reizwert variieren. Dabei ist zu beachten, daß diese beiden Parameter wiederum von der Prüfmarkenkombination abhängen.

Die Forderung, bei der Bestimmung des blinden Flecks einen vorhandenen Sehfehler zu beachten, unterstreicht ein von KRUSE und UTERMANN vorgestellter Fall, bei dem durch geeignete Glaskorrektion und Wahl der Größe und Leuchtdichte des Testobjekts die Vergrößerung des blinden Flecks im Sinn eines beginnenden Bjerrum-Skotoms nicht mehr nachweisbar war.

Abschließend dürfen wir darauf hinweisen, daß nach ZINGIRIAN und RIVARA (135,136) die Verwendung eines Kampimeters mit 2 m Untersuchungsabstand eine feinere Differenzierung im zentralen Gesichtsfeld gestattet

als die Perimetrie bei 30 cm Abstand. MONTALDI und MAGNASCO (95) kommen auf Grund sehr genauer Untersuchungen der Dimensionen des blinden Flecks mit verschiedenen Techniken zu dem Schluß, daß die genaueste Prüfung des blinden Flecks mit dem Tangentenschirm nach BJERRUM erfolgt.

III. Isopteren-Gesichtsfeld

a) Ausdehnung des Gesichtsfeldes und Form der Isopteren

Mit topographischer gleich Kontur-Perimetrie, bei welcher Punkte gleichen Sehvermögens miteinander verbunden werden (65,24), findet sich normalerweise eine absolute Ausdehnung des Gesichtsfeldes von temporal ca. 100° , nasal 60° , oben 50° und unten ungefähr von 70° . "Obwohl die Rezeptoren in der temporalen Fundus-peripherie fast ebenso weit reichen wie in der nasalen, endet das nasale Gesichtsfeld etwa 60° vom Fixierpunkt entfernt, nicht weil dort die Nase hindernd in den Weg tritt, nicht bei Flachnasenrassen nennenswert peripherer als bei Besitzern griechischer Profile" (GOLDMANN 1969). Ursache hierfür ist die in anderem Zusammenhang bereits erwähnte Asymmetrie der Netzhaut-Topographie und -Empfindlichkeit (49). Auf das mit sorgfältigem Perimetrieren bei intelligenten Personen feststellbare "midline notching", eine Einkerbung im Bereich des oberen Endes des senkrechten Meridians, soll in diesem Zusammenhang nur auf BAIR und HARLEY (12), OSTERBERG und LANCHESTER (in 79) verwiesen werden.

Unsere perimetrischen Untersuchungen erstreckten sich mit kinetischer Marke nur auf den zentralen Anteil des absoluten Gesichtsfeldes; diesen kommt andere Bedeutung zu als der Prüfung peripherer Bereiche, wenn man bedenkt, daß von den rund 830 000 Sehnervenfasern ein erheblicher Anteil, nämlich etwa 135 000 Fasern (115) nur dem engen Bereich der Fovea zugeordnet sind. Die von uns mit Korrektur innerhalb eines Aktionsradius von 30° aufgezeichneten Isopteren (siehe Abbildungen 9,11,13; 17,19 und 21) sind wie bei HUGHES (69) an-

nähernd rund, dabei jedoch nach temporal weiter ausladend als nach nasal. Der vertikale Durchmesser ist zudem meist etwas kleiner als der horizontale.

Die Angaben bei Aufnahme der Isopteren ohne Ausgleich des Sehfehlers zeigen bei wiederholter Einstellung eine große Schwankungsbreite. Somit erhalten diese Isopteren einen unregelmäßigen Verlauf. Die Ursache ist wohl darin zu suchen, daß die Unterschiedsempfindlichkeit ohne Korrektur ein flacheres Gefälle aufweist als mit Brillenglas, wie ein Blick auf unsere Einzeldarstellungen, z.B. Nummer 18, lehrt. Außerdem herrscht nach DUBOIS-POULSEN und MAGIS (25) eine echte Fluktuation der Sensibilität, wodurch Isopteren schon bei Emmetropen als Linien zur Fiktion abgestempelt werden.

b) Konzentrische Isopteren-Verlagerungen durch Refraktionsanomalien und andere Faktoren

Die bei der kinetischen Lichtsinnperimetrie bestimmten Kurven der Unterschiedsempfindlichkeitsverteilung im Gesichtsfeld stellen relative Gesichtsfeldgrenzen dar. Diese können infolge einer bestehenden Refraktionsanomalie eine konzentrische Verschiebung aufweisen, wie sie in den Abbildungen 9, 11 und 19 zu sehen ist. Die dargestellten Isopteren eines Gesichtsfeldes sind jeweils mit derselben Markenkombination aufgezeichnet worden, jedoch die äußere mit Vorsatz eines Brillenglases, welches den bestehenden Sehfehler ausgleicht, die innere ohne Korrektur. Ein extrem großer Lageunterschied zwischen den mit und ohne Korrekturglas gewonnenen Isopteren zeigt die Abbildung 21; während die 25 asb helle Marke mit Korrektur temporal bei 27° , nasal bei 25° gesehen wird, erfolgt ohne Korrekturglas eine Wahrnehmung erst zentral. Durch die

unkorrigierte Refraktionsanomalie kommt es nämlich zur Abbildung eines vergrößerten und damit lichtschwächeren Objekts auf der Retina. Daraus resultiert ein herabgesetzter Leuchtdichteunterschied zwischen Testmarke und Umfeld und daraus die Verengerung einer Isoptere.

Weiterhin zeigen unsere Ergebnisse jedoch, daß auch mit zunehmendem Alter die Isopteren schrumpfen. Um dies zu beweisen, brauchen wir nur an die niedrigere Lage der Profile bei der Altersgruppe mit dem Durchschnittsalter von 50,55 Jahren (Abteilung E-H) im Vergleich zu den Kurven der Unterschiedsempfindlichkeit bei durchschnittlich 23,35jährigen Personen (Gruppen A-D) zu denken. Dies betrifft sowohl die mit Korrektion, als auch die ohne Ausgleich eines Refraktionsfehlers gewonnenen Resultate. Die Schwellenwertskurve gibt ja genauere Auskunft über das Empfindlichkeitsgefälle zwischen den Höhenlinien der Isopterenperimetrie. Auf die im Alter signifikant engeren Isopteren nehmen auch LETAI (81), KOTTOW, KLEINER, DIAZ (76) und GOLDMANN (54) Bezug: Die zunehmende Braunfärbung der Linse im Alter hat Graufilterwirkung (86, 132). Medientrübungen (80) kommen bei uns als Ursache nicht in Frage. Es werden aber nach FISHER (1968) verschiedene Faktoren wirksam, die kompliziert ineinandergreifen. Darüber hinaus sei erwähnt, daß neben Refraktionsfehlern, Alter und Medientrübungen, die Pupillenweite die Lage der Isopteren beeinflussen kann, was Mrs. SLOAN schon 1940 feststellte.

Die Ausdehnung des Sichtfeldes ist dem Logarithmus der Pupillenweite proportional (88). Bei 10 asb Grundleuchtdichte finden sich für unsere jugendlichen Versuchspersonen Durchmesser von 6,0 bis 9,5 mm (Mittelwert 7,63), für die älteren 4,5 bis 8,5 mm (durch-

schnittlich 6,48). MAZZANTINI (86) gibt bei den Jungen im Mittel Pupillenweiten von 4,1, bei Alten von 3,9 mm an (Umfeldhelligkeit hier 40 asb). AULHORN (9) stellt fest, daß eine Grundhelligkeit von 100 asb ein Durchmesser von 4,5 mm angepaßt ist.

Miosis setzt ganz allgemein die Sensibilität herab, wodurch die Isopteren signifikant verkleinert werden (10,94,92). Andererseits muß Erweiterung der Pupille keineswegs immer zu einer größeren Ausdehnung des relativen Gesichtsfeldes führen. Somit wäre es denkbar, daß die durchschnittlich engere Pupille der alten Versuchspersonen die bereits durch andere Einflüsse bewirkte Isopteren-Verengung noch verstärkt. Man muß jedoch beachten, daß zwar bei enger "Aperturblende" (117) des in das Auge eintretenden Strahlenbündels die Netzhautbeleuchtung schlechter, die Testobjektabbildung aber besser wird: Nicht gut focussierte Randstrahlen werden abgeblendet und führen zur Verkleinerung des durch Refraktionsfehler bedingten Zerstreungskreises. Im einzelnen liegen die Dinge noch viel komplizierter, wie die Untersuchung der sog. Kontrastübertragungsfunktion gezeigt hat (35).

c) Das Verschwinden zentraler Isopteren

Eine Besonderheit finden wir bei der Probandin H., Nummer 8 der Gruppe H. Im Isopteren-Gesichtsfeld der Abb. 17 scheint wieder eine refraktionsbedingte Verlagerung der Gesichtsfeld-Linien vorzuliegen. Es ist jedoch so, daß die äußere Isoptere mit Korrektur und der Markenkombination 10'/10 asb, die innere ohne Brillenglas mit einem um 22 asb helleren Objekt ausgezeichnet wurde. Diese Veränderung des Prüfpunktes in seiner Helligkeit, welche am Tübinger Perimeter

technisch leichter durchführbar ist als seine Größenabstufung, wurde aus folgendem Grund nötig: Ohne Korrektur ließ sich keine, auch nicht zentrale Isoptere mit der ersten Testmarken-Einstellung aufzeichnen. Die Erklärung hierfür finden wir in Abbildung 16. Die ohne Glas-Ausgleich aufgezeichnete 0° - 180° -Schwellenwertskurve liegt so niedrig, daß die der Markenkombination 10'/10 asb entsprechende abszissenparallele Gerade dieses Profil in keiner Phase auch nur tangiert. Dafür schneidet sie das höherliegende bei 19° und 21° . Um auch ohne Brillenglas eine Isoptere aufnehmen zu können, muß wenigstens mit einer Prüfhelligkeit von 32 asb untersucht werden. Eine horizontale Linie - dieser Leuchtdichte entsprechend - kreuzt dann auch die flachere Kurve, und zwar bei isoexzentrischen 8° . Das angeführte Beispiel zeigt, daß die unterlassene Korrektur das Verschwinden einer zentralen Isoptere zur Folge haben kann, wodurch bei stärkeren Ametropien ein relatives, refraktiv bedingtes Zentralskotom vorgetäuscht wird.

d) Isopteren-Einbuchtung im Bereich des blinden Flecks

Wie Abbildung 13 zeigt, kann die korrektionslos aufgezeichnete Gesichtsfeldlinie im Bereich des blinden Flecks eine Einbuchtung aufweisen. Diese Erscheinung erinnert an das für den Normalen von DRANCE (22) beschriebene "baring of the blind spot". Von dem korrekten Untersuchungsgang kann man sich dabei in Darstellung 12 überzeugen. Legen wir eine gedachte Linie mit dem Abstand 21 DZ-Einheiten von der Abszisse durch die Profile, so wird die ohne Brillenglas ausgemessene Kurve der Lichtunterschiedsempfindlichkeit temporal bei 9° , nasal bei 14° geschnitten. Es zeigt sich somit eine

Übereinstimmung, denn die der Deckzahl 21 entsprechende 7,9 asb-Isoptere kreuzt den 0° - 180° -Meridian annähernd bei denselben Exzentrizitäten. Für die partielle Exklusion des blinden Flecks ist der zunächst ohne Korrektur flache Profil-Abfall am nasalen Rand des blinden Flecks verantwortlich. Die Isopteren-Eindellung möchten wir deshalb mit einer physiologischerweise geringeren Empfindlichkeit neben der Papille erklären. Tatsächlich sind nämlich nach MONTALDI und ZINGIRIAN (99) die individuellen Sensibilitätsschwankungen in besagtem Gebiet beträchtlich. Dieser Umstand muß sich naturgemäß bei der Untersuchung eines fehlsichtigen Auges stärker auswirken als beim emmetropen.

e) Übereinstimmung zwischen Profil und Isopteren-Gesichtsfeld

Wie im letzten Fall, so zeigt sich bei allen unseren Untersuchungen eine ziemlich genaue Übereinstimmung der mit statischer und kinetisch quantitativer Perimetrie erzielten Ergebnisse. An sich müßten die Isopteren enger sein, als nach der Empfindlichkeitskurve zu erwarten ist, da bei Prüfung mit bewegter Marke die Reaktionszeit des Untersuchten und des Untersuchers ins Gewicht fällt. Zudem hat die Wahrnehmungsgeschwindigkeit, welche proportional dem Leuchtdichteunterschied ist (114), Einfluß auf das Resultat. Die Kongruenz rührt daher, daß kinetisch dargebotene Reizmarken peripher bereits bei geringerer Leuchtdichte im Sinn der Perceptionsschwelle (MEUR und CONREUR 1968) gesehen werden als stehende, wodurch eine Kompensation oben genannter Einflüsse erfolgt (37).

Trotz der guten Übereinstimmung der Isopteren-Gesichtsfeldes mit dem jeweiligen Profil sollte man nicht die statische Perimetrie nur als genauere Version der kinetischen betrachten (FANKHAUSER 1969). Die kinetische Methode liefert Informationen, welche die statisch quantitative Untersuchung nicht zu erbringen vermag. Der Unterschied zwischen beiden Verfahren besteht in der Tatsache, daß "das neurovisuelle System des Menschen die Ableitung des Ortes nach der Zeit (Geschwindigkeit) mitberücksichtigt und auswertet" (PANTLE 1968).

f) Notwendigkeit der Korrektur bei kinetisch quantitativer Perimetrie

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß mangels Korrektur eines der drei Augenfehler Isopterenverengungen, das Fehlen zentraler Isopteren und dadurch unter Umständen relative Zentralskotome zu diagnostizieren sind, wobei diese Erscheinungen durch entsprechenden Brillenglasvorsatz beseitigt werden können. Die in Abbildung 15 und 23 dargestellten Kreise sollen veranschaulichen, ab welcher Isoptere für die einzelne Refraktions-Gruppe eine Lageveränderung dieser Gesichtsfeldlinie sicher zu erwarten ist. Die Kreise verlaufen dabei durch die maximale Exzentrizität der Profilschnittpunkte, welche jeweils für die einzelnen Abteilungen ermittelt wurde. Für die Gruppen, wo kein Profilschnittpunkt festzustellen war, zeichneten wir Kreise mit einem 30° -Radius in die jeweiligen Gesichtsfeldformulare ein. Zahlenmäßige Erfassung der Resultate: Siehe Tabelle Nr. 36.

Da vom Profilschnittpunkt aus die ohne Korrektion aufgezeichnete Schwellenwertskurve naturgemäß flacher zentralwärts ansteigt, ist somit ohne Refraktionsfehler-Ausgleich für eine innerhalb des Profilschnittpunktes zu liegen kommende Gesichtsfeldlinie eine Verlagerung zu erwarten. Dies geht auch aus den Tabellen hervor, welche die Sensibilität bei den 25° -Exzentrizitäten angeben. Liegt der Profilschnittpunkt noch weiter peripher als dieser Ort, sind die Empfindlichkeitswerte für 25° unterschiedlich. Gehen die Profile aber schon zentripetal von 25° ineinander über, so sind die mit und ohne Korrektur bei den 25° vom Zentrum entfernten Netzhautstellen aufgetragenen Sensibilitätsresultate identisch, was für alle Probanden der Abteilungen C,D und E zutrifft (siehe Tab. 8,11; 18). Die Frage, ob die Profilangleichung der beiden Schwellenwertskurven temporal oder nasal weiter peripher erfolgt, kann Tabelle 36 beantworten.

Allgemein kann man sagen, daß der Profilschnittpunkt umso exzentrischer liegt, je größer die Differenz der den 0° -Schwellenleuchtdichten entsprechenden Deckzahlen in $1/10 \log.$ Dek. ist. Dies gilt sowohl innerhalb der Gruppen A bis D, als auch für die Abteilungen E bis F. Darüberhinaus können Vergleiche in dieser Richtung auch zwischen Myopen und Presbyopen angestellt werden. So beträgt z.B. der mittlere $\log \frac{J_K}{J_S} 0^{\circ}$ für die Gruppe D 2,0 $1/10 \log.$ Dek. (Tabelle

16), bei einer maximalen Exzentrizität des Profilschnittpunktes von 8° (Tabelle 36); die Gruppe E weist dagegen für 0° durchschnittlich einen um 0,8 Einheiten größeren Deckzahl-Unterschied auf (Tabelle 32), wobei die größte Entfernung des Profilschnittpunktes

punktes vom Mittelpunkt doppelt so groß wie bei C ist (Tabelle 36).

Wenn wir annehmen, daß unsere Korrekturgläser ein zentrales Gesichtsfeld-Areal mit dem Radius 30° erfassen (s.u.), kann folgende Empfehlung zur Vermeidung von Fehlern definitiv gegeben werden:

Bei Myopien größer $-4,0$ dptr. ist das Gesichtsfeld mit Korrektur zu prüfen, sobald Isopteren innerhalb von 30° aufgezeichnet werden sollen. Das gilt für Presbyope und Presbyop-Hyperope bereits ab $+3,0$ dptr. Im Fall eines Refraktionsfehlers von $-3,0$ bis $-3,75$ dptr. bzw. $+2,0$ bis $+2,75$ dptr. sollte der Brillenglasvorsatz bei Untersuchung innerhalb eines Bereichs von 26° resp. 28° , also ebenfalls ca. 30° nicht vergessen werden. Anomalien von $-2,0$ bis $-2,75$ bzw. $+0,75$ bis $1,75$ dptr. soll man für die Aufzeichnung zentraler Gesichtsfeldlinien ab einer Exzentrizität von 17° und 16° , also ungefähr 20° auskorrigieren. Erst ab 8° ist die Korrektur von Myopien zwischen $-0,75$ bis $-1,75$ dptr. nötig, praktisch somit nur für die Prüfung fovealer und parafovealer Gebiete mit kinetischer Marke.

IV. Refraktions-Skotome

Die Forderung nach Korrektur einer bestehenden Refraktionsanomalie bei der topographischen Lichtsinnperimetrie haben wir zunächst erhoben, weil sich ohne Brillenglas zum Teil erhebliche konzentrische Isopterenverschiebungen und relative Zentralskotome feststellen lassen. Der Kausalnexus dieser beiden Erscheinungen entspricht den Verhältnissen bei Niveaudifferenzen am Fundus, die zu relativen Skotomen führen können. Wenn bestimmte Funduspartien vor oder hinter der Schärfenebene liegen, so treten sie im Gesichtsfeld wegen der entsprechenden ungleichen Abbildung als Refraktionsskotome auf. Ganz allgemein wird ein Refraktionsskotom immer dann zu finden sein, wenn eine periphere Netzhautstelle eine andere Refraktion besitzt als eine zentrale. Die Wirkung ist immer dieselbe, wenn auch verschiedenartige Ursachen in Frage kommen, die hier nur zusammengefaßt werden: Wölbungsunregelmäßigkeiten im Sinn einer Fundusektasie und Prominenz (75), Amotioblasen (6), Tumor (112,113) u.a.

Die Einbuchtung einer Isoptere bei kinetischer erscheint als Depression des temporalen oder nasalen Anteils der Empfindlichkeitskurve bei statischer Perimetrie (74), was wir bereits bei der Besprechung einer Isopteren-Einziehung im Bereich des blinden Flecks feststellten. Für eine derartige Depression könnte eine unterschiedliche Brennweite des optischen Systems bei schrägem Lichteinfall verantwortlich gemacht werden. Da jedoch der Astigmatismus bei Strahlendurchtritt von nasal und temporal annähernd gleich stark ist, erscheint diese Möglichkeit unwahrscheinlich (siehe FERREE and RAND 39, unter "Interval of Sturm"). Wird die lokale Ametropie durch günstige Korrektur-

gläser ausgeglichen, kann das Profil fast normal hoch liegen (75) und sich die Steilheit einer Kurvenhälfte im Sinn der Symmetrie der anderen wieder annähern. Dazu ist jedoch die objektive Bestimmung der Brechkraft mittels Skiaskopie nötig.

Auch bei bitemporalen und binasalen Gesichtsfeldausfällen (KOMMERELL 1969) muß durch Brillenglas-Korrektur ein Refraktions-Skotom ausgeschlossen werden. Am leichtesten bringt man diese durch Fundus-Ektasie bedingten Ausfälle zum Verschwinden, wenn man mit SCHMIDT (112) nach Cycloplegie Minusgläser vorsetzt. Zumindest muß man bei der perimetrischen Untersuchung versuchen, Gesichtsfelddefekte durch Vorsetzen von Korrektionsgläsern in ihrer Form zu verändern, um so auf Niveauunterschiede (vielleicht sogar auf einen beginnenden Chorioidaltumor) aufmerksam zu werden. Einer korrekten Diagnose steht dann nichts mehr im Wege.

V. Korrekturglas: Unvermeidliche Fehler

Sowohl für die statisch quantitative als auch für die topographische Lichtsinnperimetrie haben wir die Notwendigkeit aufgezeigt, die Untersuchung erst nach Ausgleich einer vorhandenen Refraktionsanomalie durchzuführen. Das dazu nötige Korrektur-Glas, in unserem Fall stets bikonvex oder bikonkav, kann neben dem gewünschten Effekt jedoch zu Abbildungsfehlern führen. Hierbei kommt es zu Abweichungen von der im Idealfall punktförmigen Strahlenvereinigung auf der Netzhaut. Es ist wenig bekannt, daß sogar optisch einwandfrei gearbeitete "Nullgläser" nichtvermeidbare Fehler haben (MUNKER 1970).

a) Astigmatismus schiefer Incidens

Der Astigmatismus schiefer Incidens (48) tritt bei den Bildern von Sehzeichen auf, die weit außerhalb der optischen Achse liegen, so daß die von ihnen ausgehenden Strahlen unter starker Neigung gegen die Achse auf die Linse fallen. Auf diese Möglichkeit einer Brillenglas bedingten Bildverzerrung weist MONJÉ hin (MONJÉ in 5,91). Die deshalb vom selben Autor (90) empfohlene Glasdrehung, durch die ein Prüfreiz stets durch die Mitte des Korrekturglases gesehen wird, läßt sich jedoch am Tübinger Perimeter nicht verwirklichen.

Als weitere Maßnahme zur Vermeidung des Astigmatismus schiefer Bündel kommt die Verwendung von Gläsern in Frage, deren Durchbiegung so berechnet ist, daß beim blickenden Auge für jedes durch den Drehpunkt gehende Strahlenbüschel (117) der Astigmatismus schiefer Incidens beseitigt ist. Solche Brillengläser heißen seit GULLSTRAND punktuell abbildend. Nach den Angaben von M. v. ROHR bei REINER (1970) würde durch ein derarti-

ges Glas innerhalb unseres Untersuchungsbereiches mit einem 30° -Radius diese Art des Astigmatismus unter der Wahrnehmbarkeitsgrenze bleiben. Leider stehen uns aber derartige Korrekturgläser in praxi nicht zur Verfügung. Genauso verhält es sich mit Haftschalen, welche einen optimalen Refraktionsausgleich garantieren würden.

Wir haben dafür auf die Prüfung sehr weit exzentrisch liegender Netzhautorte verzichtet und nur die zentralen und parazentralen Areale untersucht, bei welchen der Winkel zwischen einfallenden Lichtstrahl und optischer Achse des Auges klein ist. Dem schrägen Durchgang durch das brechende System des Bulbus oculi kann man jedoch auch hier nicht ausweichen (39), selbst wenn die verschiedenen Möglichkeiten, Linsenfehler zu vermeiden, in Anwendung kommen.

b) Sphärische Aberation

Die sphärische Aberation, ein weiterer Abbildungsfehler, der beim Vorliegen von achsenparallelen Randstrahlen auftritt (48), spielt bei unserer Untersuchung nur eine geringe Rolle; denn das Prüffeld ist nicht plan, sondern halbkugelförmig, weshalb demgegenüber der erwähnte Astigmatismus schiefer Incidens in den Vordergrund tritt.

c) Reflexion

Für die Beurteilung der Lichtunterschiedsempfindlichkeitskurven muß man die Intensitätsverluste infolge Reflexion (und Absorption) durch das nicht entspiegelte (gleich nicht vergütete) Brillenglas kennen. Nach GREENAWAY und HARBEKE (1968) gilt für unsere Korrekturlinsen:

$$J_t = (1-R)^2 e^{-kd}$$

J_t = transmittierende Intensität

$$(108) \text{ Reflexionsvermg. } R = \frac{\text{reflekt. Strahlungsleistung}}{\text{einfallende Strahlungsleistung}} = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$$

Brechungsindex $n = 1,5$, somit $R = 4\%$

k = Absorptionskonstante

d = Glasdicke

$e^{-kd} = \text{ca. } 1$ (weil Glas praktisch kein Licht absorbiert)

Somit errechnet sich ein Intensitätsverlust von annähernd 8 %. Die angegebene Formel, aus der dieser Wert hervorgeht, berücksichtigt neben dem Reflexionsvermögen beider Linsengrenzflächen auch die Vielfachreflexion. Die Gleichung gilt zunächst nur für den Sonderfall der senkrechten Inzidenz (0°). Wie wir jedoch der graphischen Darstellung von POHL entnehmen, welche den Einfluß des Einfallswinkels auf die Reflexion darstellt, nimmt dieser erst bei 40° in nennenswertem Maße zu. Dabei ist dieser Effekt bei unseren Bikonvex-Gläsern natürlich geringer als bei einer planen Fläche und fällt weniger ins Gewicht als bei den Bikonkav-Gläsern. Das bedeutet, daß wir innerhalb unseres Untersuchungsradius von 30° höchstens 8 % Intensitätsverlust haben. Ob dieser geringe Prozentsatz ausreicht, einen Schwellenwert um $1/10 \log.$ Dek. im Sinn einer Deckzahlverminderung zu beeinflussen, erscheint fraglich.

d) Prismatischer Effekt der Brillengläser und Ringskatom

Von Bedeutung für die Ausdehnung des Isopteren-Gesichtsfeldes ist der prismatische Effekt der Korrekturgläser, welchen die Abbildung Nr. 7 nach MALLEM

(1970) veranschaulicht. Schematisch dargestellt ist jeweils der Gesichtsfeldwinkel ohne, mit Plus- und mit Minus-Glas. Dieser "größte vorhandene Hauptstrahlneigungswinkel" (117) wird als Meßgröße des Sichtfeldes benutzt (101). Bei einem Bikonvex-Glas verringert er sich gegenüber dem ohne Glas-Korrektur festgestellten Wert um den Winkel α , bei einem Bikonkav-Glas nimmt er dagegen um den Winkel β zu. DAENEN, WEEKERS (20) und SIEBECK (117) weisen auf diese Verengung des Gesichtsfeldes bei Plusgläsern und die Erweiterung bei Minusgläsern hin, ohne genauere Zahlenangaben zu machen. Bei TSCHERNING (125) findet sich bereits eine Formel, nach welcher sich die wirklichen Werte berechnen lassen. Sie lautet:

$$m = \frac{f}{f-a} ,$$

wobei m die durch das Korrekturglas bedingte Veränderung des Gesichtsfeldwinkels, a den Abstand des Glases von der Pupille und f die Brennweite des Korrekturglases bedeutet. Mit dieser Formel kann man die Veränderung des Gesichtsfeldwinkels bei jedem Brillenglas vornehmen. GRAFF (56) gibt an, daß der wahre Gesichtsfeldwinkel für jede Dioptrie des korrigierenden sammelnden Glases im Bereich unserer Gruppierung um rund 2 % größer als der mit dem Perimeter gemessene, bei Minusgläsern kleiner ist.

Wenn wir diese glasbedingten Maßstabsänderungen einkalkulieren und daraufhin unsere Isopteren-Gesichtsfelder überprüfen, stellen wir fest, daß der Abstand der mit und ohne Plusglas aufgezeichneten Isopteren in Wirklichkeit noch größer ist. Bei einer notwendigen Minuskorrektur ist er kleiner. In beiden Fällen besteht aber trotz Berücksichtigung des prismatischen Effekts des Korrekturglases ein deutlicher Unterschied in der Lage der einzelnen Isopteren.

Die LAUBERSCHES Forderung, Perimetrie erst nach Ausgleich einer bestehenden Refraktionsanomalie zu betreiben, kann nicht prinzipiell gelten, da bei fixiertem Korrektionsglas das Brillengesichtsfeld ein Ringskotom begrenzt. Schon ERGGELT (32) und COMBERG (18) haben diese "durch die Randteile des Brillenglases bewirkte Unterbrechung des Gesichtsfeldes" zahlenmäßig erfaßt. Ihre Ergebnisse gelten aber leider für Gläser mit Durchmessern von 42 mm. Nach SIEBECK (117) findet an der Grenze des Korrekturglases ein Gesichtsfeldsprung statt, da ein Brillenglas auf das Gesichtsfeld eine umgekehrte Wirkung ausübt wie auf die Bildgröße. Das Ringskotom ist somit nicht die Auswirkung einer etwaigen Brillenglasfassung, sondern des erwähnten prismatischen Bildsprunges am Glasrand.

*) Aktionsradius 30°

Die Glashalterung kann zur Kontrolle dienen, ob ein dargebotenes Sehzeichen bei gunter Fixation durch das Korrekturglas percipiert wird, oder ob es bereits außerhalb erscheint. Diesbezügliche Versuche mit unseren Brillengläsern von 35 mm Durchmesser ergaben, daß eine einwandfreie Korrektur nur bis ca. 30° nach nasal, temporal, oben und unten gewährleistet ist. Da wir bei unseren Untersuchungen möglichst alle Kautelen berücksichtigen wollten, haben wir stets einen Untersuchungsradius selber Größe gewählt. Jetzt erklärt sich auch, weshalb die Sensibilitätsabnahmen peripher ausgerechnet auf 25° bezogen wurden: Diese Exzentrizität liegt nämlich garantiert noch im Bereich des Brillengesichtsfeldes. Es zeigt sich also, daß die LAUBERSCHES Forderung mit den von uns zur Verfügung stehenden Probiergläsern nur bis 30° erfüllt werden kann, zumal die Brillenglashalterung unseres TP nicht drehbar ist.

Dieses Limit für den mit Korrektur zu untersuchen- den Gesichtsfeldbereich ist auch aus folgendem Grund sinnvoll: In der Peripherie ist die Sehschärfe gering, weil hier mehreren Sehelementen immer nur eine gemeinsame Nervenfaser zur Fortleitung des Lichtreizes, oder besser der Erregung, zur Verfügung steht, während in der Fovea centralis jeder Zapfen seine eigene Ableitung in einer besonderen Faser besitzt (27). Somit ist im peripheren Bereich der Ausgleich einer Refraktionsanomalie praktisch bedeutungslos (117). Je stärker jedoch das korrigierende Glas ist, desto mehr werden auch die peripheren Gesichtsfeldteile von der besseren Strahlenvereinigung beeinflusst. Daß im übrigen die optische Korrektur für mehr axial einfallende Bündel optimaler ist als für Büschel größerer Exzentrizität, hat der Abschnitt "Abbildungsfehler" bereits gezeigt.

Um mit Korrektur nach allen Richtungen bis zu 30° untersuchen zu können, muß vor Beginn der Gesichtsfeld-Prüfung das Auge genau zentriert und der angegebene Hornhautscheitelabstand in erwähnter Weise eingestellt werden. Diese präzise Vorbereitung ist unter anderem deshalb nötig, weil ein veränderter Hornhautscheitelabstand die Wirkung des Korrekturglases im Sinn einer Stärken-Zunahme oder -Abnahme beeinflusst (117,118). Eine seitliche Glasverschiebung verursacht aber eine veränderte Prüfpunkt-Projektion auf die Netzhaut (117).

Obwohl die zur Korrektur eines vorhandenen Sehfehlers nötigen Gläser mit den gezeigten Unzulänglichkeiten behaftet sind, muß die LAUBERSCHE Forderung im Rahmen des Möglichen und Nötigen erfüllt werden. Unsere diskutierten Ergebnisse unterstreichen jedenfalls diese Untersuchungsvorschrift für die Perimetrie.

Abschließend sei bemerkt, daß eine Gesichtsfeld-Prüfung bei Cycloplegie des untersuchten Auges wohl die genaueste sein dürfte. Selbstverständlich müßte in diesem Fall eine optische Totalkorrektur erfolgen, also in jedem Fall Ausgleich der Refraktionsanomalie plus Nahzusatz. So wären selbst Ungenauigkeiten in Folge von Akkommodationsbewegungen (34) nicht möglich.

D. Zusammenfassung

Die kinetische und statisch quantitative Untersuchung von Emmetropen und Probanden mit Refraktionsanomalien verschiedener Art mit dem Tübinger Perimeter ergibt bei Myopen, Presbyopen und Presbyop-Hyperopen eine deutliche Sensibilitätsminderung, die zentral ausgesprochenener ist als an weiter peripher liegenden Netzhautorten. Speziell für die Fovea centralis wird in Abhängigkeit von der Stärke eines bestehenden Sehfehlers erstmals der Logarithmus aus den mit und ohne Refraktions-Ausgleich gemessenen Schwellenwerten gebildet und seine Signifikanz festgestellt (Gaußscher Fehler). Durch Berechnung der jeweiligen Kurvensteilheit eines mit oder ohne Korrektur aufgenommenen Profils lassen sich konkrete Zahlen über die unterschiedlichen Empfindlichkeitsabnahmen von 0° zu den 25° Exzentritäten des Horizontal-Meridians angeben, welche tabellarisch erfaßt werden. Zu diesem Zweck wird von uns eine Formel aufgestellt, die es ermöglicht, die Sensibilität eines Retina-Areals in Prozent der eines anderen auszudrücken, wenn die Schwellenleuchtdichte für diesen Ort bekannt ist. Aus den Ergebnissen läßt sich ersehen, ab welcher Stärke einer Amétropie oder Presbyopie diese für die Durchführung statisch quantitativer Perimetrie zu korrigieren ist.

Weiterhin werden die infolge unterlassener Korrektur auftretenden Größen- und Lageunterschiede des blinden Flecks an Hand der statisch quantitativ ermittelten Resultate diskutiert. Besondere Beachtung findet dabei die Tatsache, daß sich die Schwellenwertskurven im Randbereich des blinden Flecks kreuzen. Die Rich-

tung der Verschiebung des blinden Flecks in Abhängigkeit von der Art einer bestehenden Refraktionsanomalie und deren Korrektur läßt sich einer neuen, einprägsamen Darstellung mit dem jeweiligen Strahlengang entnehmen.

Es wird darauf hingewiesen, daß bei Gesichtsfelddefekten, auch bilateralen, zur Vermeidung von Fehldiagnosen Refraktionsskotome ausgeschlossen werden müssen.

Die kinetische oder Kontur-Perimetrie zeigt bei Probanden mit Sehfehlern Isopterenverengerungen und das Verschwinden zentraler Isopteren. Innerhalb welchen Isopteren-Radius für die Gesichtsfelduntersuchung eine Ametropie oder Presbyopie in Abhängigkeit von deren Grad korrigiert werden muß, wurde bisher nicht in der Literatur beschrieben. Nach Bestimmung der Schnittpunkte der mit und ohne Korrektur aufgezeichneten Kurven der Lichtunterschiedsempfindlichkeit kann für jedes untersuchte Kollektiv von Probanden die maximale Exzentrizität dieser charakteristischen Stelle angegeben werden. Sie ist im Einzelfall definitiv richtungsweisend für die Beantwortung der Frage, ob ein Sehfehler vor der Bestimmung des Isopteren-Gesichtsfeldes durch ein Brillenglas zu beseitigen ist. Eine rasche Information darüber geben, für die Myopie und für die Presbyopie, Presbyopie-Hyperopie getrennt, zwei schematische Darstellungen. Dazu werden die durch das Korrekturglas bedingt begrenzten Untersuchungsmöglichkeiten und die Abbildungsfehler besprochen, wobei gleichzeitig die Intensitätsverluste durch Lichtreflexion formelmäßig erfaßt werden.

Die zur Auswertung der Ergebnisse mit der elektronischen Rechenanlage CD 3300 in ALGOL, einer problemorientierten Computersprache, geschriebenen Programme sind geeignet, selbst größere Datenserien kurzfristig zu bearbeiten. In Zukunft wird es sogar möglich sein, Empfindlichkeitskurven mit dem sog. Plotter, einem an den Digitalrechner anschließbaren Zeichengerät, exakt ausdrucken zu lassen.

E. Daten und Abbildungen

I. Tabellen:

- Nr. 1 Gruppeneinteilung und Zahl der myopen Versuchspersonen
- Nr. 2 Schwellenleuchtdichte (J) und zugehörige Empfindlichkeit (E) bei 0° , 25° temporaler und 25° nasaler Exzentrizität im Gesichtsfeld mit (J_K) und ohne (J_S) Korrektur, angegeben in Apostilb (asb) und $1/10$ logarithmischen Dekaden (DZ); für die Gruppe A.
- Nr. 3 Empfindlichkeit der Netzhaut bei 0° ohne Korrektur ($E_S 0^\circ$), ausgedrückt in % der Empfindlichkeit desselben Netzhautortes mit Korrektur ($E_K 0^\circ$), Logarithmus des Quotienten aus der mit (J_K) und ohne Korrektur (J_S) bestimmten Leuchtdichte bei 0° , Empfindlichkeit bei 25° temporaler und 25° nasaler Exzentrizität, mit Korrektur (m.K.) in % der Empfindlichkeit von $E_K 0^\circ$, ohne Korrektur (o.K.) in % der Empfindlichkeit von $E_S 0^\circ$; für die Gruppe A.
- Nr. 4 Exzentrizität des temporalen und nasalen Profilschnittpunktes (P.S.) in Grad, Alter, Pupillendurchmesser ($\emptyset$) des Probanden, untersuchtes Auge (OD oder OS); für die Gruppe A.
- Nr. 5 Wie Tabelle Nr. 2; für die Gruppe B
- Nr. 6 Wie Tabelle Nr. 3; für die Gruppe B
- Nr. 7 Wie Tabelle Nr. 4; für die Gruppe B
- Nr. 8 Wie Tabellen Nr. 2, 5; für die Gruppe C
- Nr. 9 Wie Tabellen Nr. 3, 6; für die Gruppe C
- Nr. 10 Wie Tabellen Nr. 4, 7; für die Gruppe C

Nr. 11 Wie Tabellen Nr. 2,5,8; für die Gruppe D

Nr. 12 Wie Tabellen Nr. 3,6,9; für die Gruppe D

Nr. 13 Wie Tabellen Nr. 4,7,10; für die Gruppe D

Nr. 14

- a) Schwellenleuchtdichte bei 0° mit ($J_K 0^\circ$) und ohne ($J_S 0^\circ$) Korrektur: Jeweils Minimum (Min.) und Maximum (Max.) in Apostilb (asb) und $1/10$ logarithmischen Dekaden (DZ), zugehöriger Mittelwert (MW) ebenfalls in DZ; für die Gruppen A bis D.
- b) Schwellenleuchtdichte bei 25° temporaler Exzentrizität im Gesichtsfeld, mit ($J_K 25^\circ \text{ temp.}$) und ohne ($J_S 25^\circ \text{ temp.}$) Korrektur.
- c) Schwellenleuchtdichte bei 25° nasaler Exzentrizität im Gesichtsfeld, mit ($J_K 25^\circ \text{ nas.}$) und ohne ($J_S 25^\circ \text{ nas.}$) Korrektur.
- d) Mittelwert der Decazahldifferenzen zwischen größtem und gemitteltem Ergebnis (Max.-MW), und gemitteltem und kleinstem Resultat (MW-Min.), für die Schwellen $J_K 0^\circ$ und $J_S 0^\circ$, $J_K 25^\circ \text{ temp.}$ und $J_S 25^\circ \text{ temp.}$, $J_K 25^\circ \text{ nas.}$ und $J_S 25^\circ \text{ nas.}$

Nr. 15

- a) Mittelwert der Sensibilität bei 0° ohne Korrektur ($E_S 0^\circ$) in % von $E_K 0^\circ$, mit zugehörigem Minimum und Maximum. Empfindlichkeitsverlust bei 0° infolge korrektionsloser Untersuchung ($E\text{-Verl.} E_K - E_S 0^\circ$), in %, Mittelwert, Maximum und Minimum.
- b) Mittelwert der Sensibilität bei einer 25° temporal liegenden Gesichtsfeldstelle ohne Korrektur ($E_S 25^\circ \text{ temp.}$), in % der Empfindlichkeit bei 0° ($E_S 0^\circ$), zugehöriges Minimum und Maximum.

Empfindlichkeitsabnahme von 0° zu einem 25° temporal sich befindlichen Gesichtsfeldort ohne Korrektur (E_S -Abn. 0° - 25° temp.), Mittelwert, Maximum und Minimum.

c) Wie Tabelle Nr. 15b, jedoch für isoexzentrisches nasales Gesichtsfeldareal, Empfindlichkeitsabnahme vom Zentrum nach nasal.

- Nr. 16 Maximum, Mittelwert und Minimum des Logarithmus $\frac{J_K}{J_S}$ bei 0° , Streubreite (s) der Einzelwerte, 1-, 2-, 3-facher mittlerer Fehler des Mittelwertes (sq), für die Gruppen A bis D.
- Nr. 17 Gruppeneinteilung der presbyopen, presbyop-hyperopen Probanden, mit Zahl der Versuchspersonen.
- Nr. 18 Schwellenleuchtdichte (J) und zugehörige Empfindlichkeit (E) bei 0° , 25° temporaler und 25° nasaler Exzentrizität im Gesichtsfeld, mit (J_K) und ohne (J_S) Korrektur, angegeben in Apostilb (asb) und 1/10 logarithmischen Dekaden (DZ); für die Gruppe E.
- Nr. 19 Empfindlichkeit der Netzhaut bei 0° ohne Korrektur (E_{S0°), ausgedrückt in % der Empfindlichkeit desselben Netzhautortes mit Korrektur ($E_K 0^\circ$), Logarithmus des Quotienten aus der mit (J_K) und ohne Korrektur (J_S) bestimmten Leuchtdichte bei 0° , Empfindlichkeit bei 25° temporaler und 25° nasaler Exzentrizität, mit Korrektur (m.K.) in % der Empfindlichkeit von $E_K 0^\circ$, ohne Korrektur (o.K.) in % der Empfindlichkeit von E_{S0° ; für die Gruppe E.

- Nr. 20 Exzentrizität des temporalen und nasalen Profilschnittpunktes (P.S.) in Grad, Alter, Pupillendurchmesser ($\emptyset$) des Probanden, untersuchtes Auge (OD oder OS); für die Gruppe E.
- Nr. 21 Wie Tabelle Nr. 18; für die Gruppe F
- Nr. 22 Wie Tabelle Nr. 19; für die Gruppe F
- Nr. 23 Wie Tabelle Nr. 20; für die Gruppe F
- Nr. 24 Wie Tabellen Nr. 18,21; für die Gruppe G
- Nr. 25 Wie Tabellen Nr. 19,22; für die Gruppe G
- Nr. 26 Wie Tabellen Nr. 20,23; für die Gruppe G
- Nr. 27 Wie Tabellen Nr. 18,21,24; für die Gruppe H
- Nr. 28 Wie Tabellen Nr. 19,22,25; für die Gruppe H
- Nr. 29 Wie Tabellen Nr. 20,23,26; für die Gruppe H
- Nr. 30
- Schwellenleuchtdichte bei 0° mit ($J_K 0^\circ$) und ohne ($J_S 0^\circ$) Korrektur: Jeweils Minimum (Min.) und Maximum (Max.) in Apostilb (asb) und 1/10 logarithmischen Dekaden (DZ), zugehöriger Mittelwert (MW) ebenfalls in DZ; für die Gruppen E bis H.
 - Schwellenleuchtdichte bei 25° temporaler Exzentrizität im Gesichtsfeld, mit ($J_K 25^\circ \text{ temp.}$) und ohne ($J_S 25^\circ \text{ temp.}$) Korrektur.
 - Schwellenleuchtdichte bei 25° nasaler Exzentrizität im Gesichtsfeld, mit ($J_K 25^\circ \text{ nas.}$) und ohne ($J_S 25^\circ \text{ nas.}$) Korrektur.
 - Mittelwert der Deckzahldifferenzen zwischen größtem und gemitteltem Ergebnis (Max.-MW), und gemitteltem und kleinstem Resultat (MW-Min.), für die Schwellen $J_K 0^\circ$ und $J_S 0^\circ$, $J_K 25^\circ \text{ temp.}$ und $J_S 25^\circ \text{ temp.}$, $J_K 25^\circ \text{ nas.}$ und $J_S 25^\circ \text{ nas.}$

Nr. 31

- a) Mittelwert der Sensibilität bei 0° ohne Korrektur ($E_S 0^\circ$) in % von $E_K 0^\circ$, mit zugehörigem Minimum und Maximum.
Empfindlichkeitsverlust bei 0° infolge korrektionsloser Untersuchung ($E\text{-Verl. } E_K - E_S 0^\circ$), in %, Mittelwert, Maximum und Minimum.
- b) Mittelwert der Sensibilität bei einer 25° temporal liegenden Gesichtsfeldstelle ohne Korrektur ($E_S 25^\circ \text{temp.}$), in % der Empfindlichkeit bei 0° ($E_S 0^\circ$), zugehöriges Minimum und Maximum.
Empfindlichkeitsabnahme von 0° zu einem 25° temporal sich befindlichen Gesichtsfeldort ohne Korrektur ($E_S\text{-Abn. } 0^\circ\text{-}25^\circ \text{ temp.}$), Mittelwert, Maximum und Minimum.
- c) Wie Tabelle Nr. 31b, jedoch für isoexzentrisches nasales Gesichtsfeldareal, Empfindlichkeitsabnahme vom Zentrum nach nasal.

Nr. 32 Maximum, Mittelwert und Minimum des Logarithmus $\frac{J_K}{J_S}$ bei 0° , Streubreite (s) der Einzelwerte, 1-, 2-, 3-facher mittlerer Fehler des Mittelwertes (sq), für die Gruppen E bis H.

Nr. 33

- a) Schwellenleuchtdichte bei 0° ($J_K 0^\circ$), 25° temporaler ($J_K 25^\circ \text{temp.}$) und 25° nasaler ($J_K 25^\circ \text{nas.}$) Exzentrizität, mit Korrektur: Jeweils Minimum und Maximum in asb und DZ, zugehöriger Mittelwert ebenfalls in DZ; für die Gruppen A mit D und E mit H.
- b) Mittelwert der Deckzahldifferenzen zwischen größtem und gemitteltem Ergebnis, und gemitteltem und kleinstem Resultat, für die Schwellen $J_K 0^\circ$, $J_K 25^\circ \text{temp.}$ und $J_K 25^\circ \text{nas.}$, der Gruppen A mit D und E mit H.

Nr. 34

- a) Mittelwert der Sensibilität bei einer 25° temporal liegenden Gesichtsfeldstelle mit Korrektur ($E_K 25^{\circ}$ temp.) in % der Empfindlichkeit bei 0° ($E_K 0^{\circ}$), zugehöriges Minimum und Maximum.

Empfindlichkeitsabnahme von 0° zu einem 25° temporal sich befindlichen Gesichtsfeldort mit Korrektur (E_K -Abn. 0° - 25° temp.), Mittelwert, Maximum, Minimum; für die Gruppen A mit D und E mit H.

- b) Wie Tabelle 34 a, jedoch für isoexzentrisches nasales Gesichtsfeldareal, Empfindlichkeitsabnahme vom Zentrum nach nasal, für die Gruppen A mit D resp. E mit H.

Nr. 35 Schwellenleuchtdichte (J) und zugehörige Empfindlichkeit (E) bei 0° , 25° temporaler und 25° nasaler Exzentrizität im Gesichtsfeld, angegeben in asb und 1/10 logarithmischen Dekaden (DZ), für eine 20jährige und 41jährige emmetrope Versuchsperson.

Nr. 36 Maximale Exzentrizität des temporalen und nasalen Profilschnittpunktes in Grad (Max.Ex. $^{\circ}$); Verhältniszahl, welche angibt, wie oft dabei die temporale Exzentrizität größer als die nasale ist und umgekehrt, für alle Gruppen.

Nr. 37 Minimales, maximales Alter und Mittelwert, minimaler, maximaler Pupillendurchmesser ($\emptyset$) und Mittelwert, für die Probanden der Gruppen A mit D und E mit H.

Nr. 38 1. ALGOL-Programm zur Berechnung der relativen Sensibilitäten aus einer in asb gegebenen Schwellenleuchtdichte.

- Nr. 39 2. Programm in derselben neutralen Problemsprache wie 1. Mit seiner Hilfe läßt sich die Empfindlichkeit einer Netzhautstelle in % der Sensibilität einer anderen ausdrücken, wenn die Helligkeits-Schwellenwerte beider Areale bekannt sind.
- Nr. 40 3. Programm in ALGOrithmic Language für Signifikanz-Betrachtungen: Es dient der Angabe der Streubreite (s) eines Einzelwertes und des 1-, 2-, 3-fachen mittleren Fehlers (s_q) des Mittelwertes einer Daten-Serie.

Gruppe A:	5,0	4,75	4,5	4,25	4,0	-dptr.
Zahl der Versuchsp.	2	2	3	2	1	
Gruppe B:		3,75	3,5	3,25	3,0	-dptr.
Zahl der Versuchsp.		2	4	2	2	
Gruppe C:		2,75	2,5	2,25	2,0	-dptr.
Zahl der Versuchsp.		1	3	2	4	
Gruppe D:	-dptr.	1,75	1,5	1,25	1,0	0,75
Zahl der Versuchsp.		2	2	3	2	1

Tabelle 1:

Gruppen A - D

Nr.	$J_K 0^\circ$		E	$J_K 25^\circ \text{temp.}$		E	$J_K 25^\circ \text{nas.}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	1,25	29	8,00	12,5	19	0,80	20,0	17	0,50
2	0,79	31	12,66	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
3	1,00	30	10,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
4	0,63	32	15,87	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
5	0,79	31	12,66	16,0	18	0,63	16,0	18	0,63
6	0,79	31	12,66	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
7	0,40	34	25,00	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00
8	0,79	31	12,66	12,5	19	0,80	20,0	17	0,50
9	0,79	31	12,66	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
10	0,50	33	20,00	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80

Nr.	$J_S 0^\circ$		E	$J_S 25^\circ \text{temp.}$		E	$J_S 25^\circ \text{nas.}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	7,9	21	1,27	40,0	14	0,25	50,0	13	0,20
2	6,3	22	1,59	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
3	7,9	21	1,27	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
4	6,3	22	1,59	16,0	18	0,63	25,0	16	0,40
5	6,3	22	1,59	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
6	6,3	22	1,59	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
7	4,0	24	2,50	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31
8	7,9	21	1,27	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40
9	4,0	24	2,50	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31
10	2,5	26	4,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63

Tabelle 2:

Gruppe A

Nr.	$E_S^{00}\% \text{ von } E_K^{00}$	$\log \frac{J_K^{00}}{J_S^{00}}$	$E_{25}^{00} \text{ temp. \% von}$		$E_{25}^{00} \text{ nas. \% von}$	
			E_K^{00} m.K.	E_S^{00} o.K.	E_K^{00} m.K.	E_S^{00} o.K.
1	15,82	8	10,00	19,75	6,25	15,80
2	12,54	9	6,32	39,38	4,94	31,50
3	12,65	9	8,00	63,20	6,25	49,38
4	10,00	10	6,30	39,38	5,04	25,20
5	12,54	9	4,94	39,38	4,94	31,50
6	12,54	9	7,90	63,00	6,32	50,40
7	10,00	10	5,06	16,00	4,00	12,50
8	10,00	10	6,32	39,50	3,95	31,60
9	19,75	7	4,94	16,00	3,95	12,50
10	20,00	7	5,00	20,00	4,00	15,63
M i t t e l w e r t e						
	13,58	8,8	6,48	35,56	4,96	27,60

Tabelle 3: Gruppe A

Nr.	temp.Ex.P.S.	nas.Ex.P.S.	Alter	Ø	Auge	
	Grad	Grad	Jahre	mm	OD	OS
1	> 30	> 30	23	8,5	+	
2	27	28	27	6,0	+	
3	24	25	25	6,5	+	
4	> 30	> 30	23	7,5	+	
5	23	27	23	8,0	+	
6	23	20	24	8,5		+
7	> 30	> 30	22	8,5	+	
8	> 30	> 30	23	7,0		+
9	> 30	> 30	22	7,5	+	
10	> 30	> 30	22	7,0	+	

Tabelle 4: Gruppe A

Nr.	$J_K^{0^\circ}$		E	$J_K^{25^\circ \text{temp.}}$		E	$J_K^{25^\circ \text{nas.}}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	1,0	30	10,00	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
2	1,6	28	6,25	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
3	0,4	34	25,00	6,3	22	1,59	7,9	21	1,27
4	0,79	31	12,66	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
5	2,0	27	5,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
6	0,5	33	20,00	7,9	21	1,27	12,5	19	0,80
7	0,63	32	20,00	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
8	1,25	29	8,00	10,0	20	1,00	10,0	20	1,00
9	1,0	30	10,00	10,0	20	1,00	20,0	17	0,50
10	2,0	27	5,00	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40

Nr.	$J_S^{0^\circ}$		E	$J_S^{25^\circ \text{temp.}}$		E	$J_S^{25^\circ \text{nas.}}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	2,5	26	4,00	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
2	4,0	24	2,50	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
3	1,0	30	10,00	6,3	22	1,59	7,9	21	1,27
4	2,0	27	5,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
5	4,0	24	2,50	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
6	1,6	28	6,25	7,9	21	1,27	12,5	19	0,80
7	1,6	28	6,25	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
8	4,0	24	2,50	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
9	2,5	26	4,00	12,5	19	0,80	20,0	17	0,50
10	5,0	23	2,00	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40

Tabelle 5: Gruppe B

Nr.	$E_{S^0\%} \text{ von } E_{K^0}$	$\log \frac{J_K}{J_S} 0^\circ$	$E_{25^\circ} \text{ temp. \% von}$		$E_{25^\circ} \text{ nas. \% von}$	
			$E_{K^0} \text{ m.K.}$	$E_{S^0} \text{ o.K.}$	$E_{K^0} \text{ m.K.}$	$E_{S^0} \text{ o.K.}$
1	40,00	4	10,00	25,00	8,00	15,63
2	40,00	4	16,00	40,00	10,00	25,00
3	40,00	4	6,35	15,87	5,06	12,66
4	39,50	4	6,32	16,00	4,94	12,50
5	50,00	3	12,50	25,00	10,00	20,00
6	31,25	5	6,33	20,25	4,00	12,80
7	39,38	4	6,30	16,00	3,94	10,00
8	31,25	5	12,50	40,00	12,50	32,00
9	40,00	4	10,00	20,00	5,00	12,50
10	40,00	4	10,00	25,00	8,00	20,00
Mittelwerte						
	39,14	4,1	9,62	23,31	7,14	17,31

Tabelle 6: Gruppe B

Nr.	temp.Ex.P.S.	nas.Ex.P.S.	Alter	ϕ	Auge	
	Grad	Grad	Jahre	mm	OD	OS
1	23	26	24	6,5		+
2	22	23	22	7,0		+
3	BF	15	23	7,5		+
4	BF	13	30	6,0	+	
5	20	20	24	6,5	+	
6	25	20	23	9,5		+
7	BF	23	23	8,0		+
8	23	26	23	9,0	+	
9	26	17	27	7,5	+	
10	BF	20	27	8,0	+	

Tabelle 7: Gruppe B

Nr.	J_{K0^0}		E	$J_{K25^0 \text{ temp.}}$		E	$J_{K25^0 \text{ nas.}}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	1,0	30	10,00	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
2	0,79	31	12,66	16,0	18	0,63	32,0	15	0,31
3	0,4	34	25,00	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
4	0,5	33	20,00	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00
5	0,4	34	25,00	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00
6	0,63	32	15,87	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
7	0,63	32	15,87	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
8	0,32	35	31,25	7,9	21	1,27	16,0	18	0,63
9	1,25	29	8,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
10	1,0	30	10,00	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00

Nr.	J_{S0^0}		E	$J_{S25^0 \text{ temp.}}$		E	$J_{S25^0 \text{ nas.}}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	2,0	27	5,00	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
2	2,0	27	5,00	16,0	18	0,63	32,0	15	0,31
3	0,79	31	12,66	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
4	1,0	30	10,00	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00
5	0,63	32	15,87	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00
6	1,25	29	8,00	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
7	1,6	28	6,25	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
8	0,5	33	20,00	7,9	21	1,27	16,0	18	0,63
9	2,5	26	4,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
10	2,0	27	5,00	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00

Tabelle 8:

Gruppe C

Nr.	$E_S O^{\circ} \% \text{ von } E_K O^{\circ}$	$\log \frac{J_K O^{\circ}}{J_S O^{\circ}}$	$E25^{\circ} \text{ temp. } \% \text{ von}$		$E25^{\circ} \text{ nas. } \% \text{ von}$	
			$E_K O^{\circ}$ m.K.	$E_S O^{\circ}$ o.K.	$E_K O^{\circ}$ m.K.	$E_S O^{\circ}$ o.K.
1	50,00	3	10,00	20,00	6,25	12,50
2	39,50	4	4,94	12,50	2,47	6,25
3	50,63	3	4,00	7,90	3,20	6,32
4	50,00	3	6,33	12,66	5,00	10,00
5	63,49	2	5,06	7,97	4,00	6,30
6	50,40	3	6,30	12,50	5,04	10,00
7	39,38	4	6,30	16,00	5,04	12,80
8	64,00	2	4,05	6,33	2,00	3,13
9	50,00	3	10,00	20,00	7,81	15,63
10	50,00	3	12,66	25,32	10,00	20,00
M i t t e l w e r t e						
	50,74	3,0	6,96	14,12	5,08	13,29

Tabelle 9: Gruppe C

Nr.	temp.Ex.P.S.	nas.Ex.P.S.	Alter	Ø	Auge	
	Grad	Grad	Jahre	mm	OD	OS
1	BF	15	23	6,5	+	
2	BF	17	27	7,5		+
3	7	7	24	9,0	+	
4	10	5	21	8,5	+	
5	4	4	21	8,5		+
6	10	7	23	6,5	+	
7	BF	17	24	7,0	+	
8	BF	15	21	7,5	+	
9	BF	17	20	9,5	+	
10	BF	15	23	8,0	+	

Tabelle 10: Gruppe C

Nr.	$J_K 0^\circ$		E	$J_K 25^\circ \text{temp.}$		E	$J_K 25^\circ \text{nas.}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	0,63	32	15,87	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
2	0,79	31	12,66	7,9	21	1,27	12,5	19	0,80
3	0,79	31	12,66	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
4	1,25	29	8,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
5	1,25	29	8,00	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
6	1,0	30	10,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
7	1,0	30	10,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
8	0,4	34	25,00	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
9	1,6	28	6,25	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
10	1,6	28	6,25	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50

Nr.	$J_S 0^\circ$		E	$J_S 25^\circ \text{temp.}$		E	$J_S 25^\circ \text{nas.}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	1,25	29	8,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
2	1,25	29	8,00	7,9	21	1,27	12,5	19	0,80
3	1,25	29	8,00	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
4	2,0	27	5,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
5	2,0	27	5,00	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
6	1,6	28	6,25	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
7	1,6	28	6,25	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
8	0,63	32	15,87	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80
9	2,5	26	4,00	10,0	20	1,00	16,0	18	0,63
10	2,0	27	5,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50

Tabelle 11:

Gruppe D

Nr.	$E_{S^{0^{\circ}}} \% \text{ von } E_{K^{0^{\circ}}}$	$\log \frac{J_K}{J_S} 0^{\circ}$	$E_{25^{\circ}} \text{ temp. } \% \text{ von}$		$E_{25^{\circ}} \text{ nas. } \% \text{ von}$	
			$E_{K^{0^{\circ}}}$ m.K.	$E_{S^{0^{\circ}}}$ o.K.	$E_{K^{0^{\circ}}}$ m.K.	$E_{S^{0^{\circ}}}$ o.K.
1	50,40	3	5,04	10,00	3,94	7,81
2	63,20	2	10,00	15,82	6,32	10,00
3	63,20	2	7,90	12,50	4,94	7,81
4	62,50	2	10,00	16,00	7,81	12,50
5	62,50	2	12,50	20,00	10,00	16,00
6	62,50	2	6,25	10,00	5,00	8,00
7	62,50	2	6,25	10,00	5,00	8,00
8	63,49	2	4,00	6,30	3,20	5,04
9	64,00	2	16,00	25,00	10,00	15,63
10	80,00	1	10,00	12,50	8,00	10,00
M i t t e l w e r t e						
	63,43	2,0	8,74	13,81	6,42	10,08

Tabelle 12: Gruppe D

Nr.	temp.Ex.P.S.	nas.Ex.P.S.	Alter	Ø	Auge	
	Grad	Grad	Jahre	mm	OD	OS
1	5	5	21	7,5		+
2	8	7	21	8,0		+
3	5	7	21	7,0	+	
4	5	8	24	8,0	+	
5	1	1	21	8,0		+
6	5	8	28	6,5	+	
7	4	8	23	7,5	+	
8	3	3	21	8,0	+	
9	1	1	24	6,5		+
10	1	1	23	8,0		+

Tabelle 13: Gruppe D

Gruppe	$J_K 0^\circ$					$J_S 0^\circ$				
	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ	Max. asb	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ	Max. asb
A	0,40	34	31,3	29	1,25	2,5	26	22,5	21	7,9
B	0,40	34	30,1	27	2,00	1,0	30	26,0	23	5,0
C	0,32	35	32,0	29	1,25	0,5	33	29,0	26	2,5
D	0,40	34	30,2	28	1,60	0,63	32	28,2	26	2,5

Tabelle 14: a)

Gruppe	$J_K 25^\circ \text{temp.}$					$J_S 25^\circ \text{temp.}$				
	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ	Max. asb	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ	Max. asb
A	7,9	21	19,3	18	16,0	10,0	20	17,5	14	40,0
B	6,3	22	19,7	17	20,0	6,3	22	19,6	17	20,0
C	7,9	21	20,1	18	16,0	7,9	21	20,1	18	16,0
D	7,9	21	19,3	18	16,0	7,9	21	19,3	18	16,0

Tabelle 14: b)

Gruppe	$J_K 25^\circ \text{nas.}$					$J_S 25^\circ \text{nas.}$				
	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ	Max. asb	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ	Max. asb
A	10,0	20	18,2	17	20,0	12,5	19	16,4	13	50,0
B	7,9	21	18,3	16	25,0	7,9	21	18,1	16	25,0
C	10,0	20	18,6	15	32,0	10,0	20	18,6	15	32,0
D	12,5	19	18,0	17	20,0	12,5	19	18,0	17	20,0

Tabelle 14: c)

Schwelle	NW der DZ-Diff. Max. - MW	NW der DZ-Diff. NW - Min.	Schwelle	NW der DZ-Diff. Max. - MW	NW der DZ-Diff. NW - Min.
$J_K^{0^{\circ}}$	3,35	2,65	$J_S^{0^{\circ}}$	3,82	2,43
$J_K^{25^{\circ}\text{temp.}}$	1,65	1,85	$J_S^{25^{\circ}\text{temp.}}$	1,88	2,37
$J_K^{25^{\circ}\text{nas.}}$	1,73	2,02	$J_S^{25^{\circ}\text{nas.}}$	1,98	2,52

d)

Tabelle 14:

Gruppe	$E_S^{0^{\circ}}$ %von $E_K^{0^{\circ}}$			E-Verl. $E_K - E_S^{0^{\circ}}$ (%)		
	Min.	MW	Max.	Max.	MW	Min.
A	10,00	13,58	20,00	90,00	86,42	80,00
B	31,25	39,14	50,00	68,75	60,86	50,00
C	39,38	50,74	64,00	60,62	49,26	36,00
D	50,40	63,43	80,00	49,60	36,57	20,00

Tabelle 15: a)

Gruppe	$E_S^{25^{\circ}}$ temp. %von $E_S^{0^{\circ}}$			E_S -Abn. $0^{\circ}-25^{\circ}$ temp. (%)		
	Min.	MW	Max.	Max.	MW	Min.
A	16,00	35,56	63,20	84,00	64,44	36,80
B	15,87	23,31	40,00	84,13	76,69	60,00
C	6,33	14,12	25,32	93,67	85,88	74,68
D	6,30	13,81	25,00	93,70	86,19	75,00

Tabelle 15: b)

Gruppe	$E_S^{25^{\circ}}$ nas. %von $E_S^{0^{\circ}}$			E_S -Abn. $0^{\circ}-25^{\circ}$ nas. (%)		
	Min.	MW	Max.	Max.	MW	Min.
A	12,50	27,60	50,40	87,50	72,40	49,60
B	10,00	17,31	32,00	90,00	82,69	68,00
C	3,13	13,29	20,00	96,87	86,71	80,00
D	5,04	10,08	16,00	94,96	89,92	84,00

Tabelle 15: c)

Gruppe	$\log \frac{J_K}{J_S} 0^\circ$ in 1/10 log. Dek.			$\pm s$	$\pm 1sq$	$\pm 2sq$	$\pm 3sq$
	Max.	MW	Min.				
A	10	8,8	7	1,14	0,36	0,72	1,08
B	5	4,1	3	0,57	0,18	0,36	0,54
C	4	3,0	2	0,67	0,21	0,42	0,63
D	3	2,0	1	0,47	0,15	0,30	0,45

Tabelle 16:

Gruppe E	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	+ dptr.
Zahl d. Vp.	1	4	2	2	1	
Gruppe F		2,0	2,25	2,5	2,75	+ dptr.
Zahl d. Vp.		1	2	3	4	
Gruppe G		3,0	3,25	3,5	3,75	+ dptr.
Zahl d. Vp.		3	2	2	3	
Gruppe H	+dptr.	4,0	4,25	4,5	4,75	5
Zahl d. VP.		2	1	3	1	3

Tabelle 17: Gruppen E - H

Nr.	J _K 0°		E	J _K 25°temp.		E	J _K 25°nas.		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	2,0	27	5,00	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31
2	1,6	28	6,25	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
3	1,25	29	8,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
4	0,79	31	12,66	7,9	21	1,27	12,5	19	0,80
5	2,0	27	5,00	12,5	19	0,80	20,0	17	0,50
6	1,25	29	8,00	10,0	20	1,00	20,0	17	0,50
7	3,2	25	3,13	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31
8	1,25	29	8,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
9	1,6	28	6,25	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00
10	1,6	28	6,25	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80

Nr.	J _S 0°		E	J _S 25°temp.		E	J _S 25°nas.		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	3,2	25	3,13	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31
2	2,5	26	4,00	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
3	2,5	26	4,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
4	1,6	28	6,25	7,9	21	1,27	12,5	19	0,80
5	4,0	24	2,50	12,5	19	0,80	20,0	17	0,50
6	2,5	26	4,00	10,0	20	1,00	20,0	17	0,50
7	5,0	23	2,00	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31
8	3,2	25	3,13	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
9	3,2	25	3,13	7,9	21	1,27	10,0	20	1,00
10	3,2	25	3,13	10,0	20	1,00	12,5	19	0,80

Tabelle 18:

Gruppe E

Nr.	$E_S O^\circ \text{ von } E_K O^\circ$	$\log \frac{J_K}{J_S} O^\circ$	$E_{25^\circ} \text{ temp. \% von}$		$E_{25^\circ} \text{ nas. \% von}$	
			$E_K O^\circ$ m.K.	$E_S O^\circ$ o.K.	$E_K O^\circ$ m.K.	$E_S O^\circ$ o.K.
1	62,50	2	8,00	12,80	6,25	10,00
2	64,00	2	12,80	20,00	10,00	15,63
3	50,00	3	7,81	15,63	6,25	12,50
4	49,38	3	10,00	20,25	6,32	12,80
5	50,00	3	16,00	32,00	10,00	20,00
6	50,00	3	12,50	25,00	6,25	12,50
7	64,00	2	12,80	20,00	10,00	15,63
8	39,06	4	10,00	25,60	7,81	20,00
9	50,00	3	20,25	40,51	16,00	32,00
10	50,00	3	16,00	32,00	12,80	25,60
M i t t e l w e r t e						
	52,89	2,8	12,62	23,48	9,17	17,67

Tabelle 19: Gruppe E

Nr.	temp.Ex.P.S.	nas.Ex.P.S.	Alter	Ø	Auge	
	Grad	Grad	Jahre	mm	OD	OS
1	3	3	63	7,0	+	
2	BF	16	45	7,0		+
3	BF	15	45	7,0	+	
4	BF	15	46	8,0	+	
5	BF	16	41	7,5	+	
6	BF	13	48	7,0		+
7	5	7	59	6,5	+	
8	BF	15	47	7,5	+	
9	BF	16	51	8,0		+
10	BF	15	51	6,5	+	

Tabelle 20: Gruppe E

Nr.	$J_K 0^\circ$		E		$J_K 25^\circ \text{temp.}$		E		$J_K 25^\circ \text{nas.}$		E	
	asb	DZ			asb	DZ			asb	DZ		
1	1,6	28	6,25	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31			
2	1,6	28	6,25	16,0	18	0,63	25,0	16	0,40			
3	2,5	26	4,00	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40			
4	1,25	29	8,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50			
5	2,0	27	5,00	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31			
6	1,6	28	6,25	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50			
7	1,25	29	8,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50			
8	1,0	30	10,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50			
9	1,6	28	6,25	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31			
10	2,5	26	4,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50			

Nr.	$J_S 0^\circ$		E		$J_S 25^\circ \text{temp. E}$		$J_S 25^\circ \text{nas.}$		E	
	asb	DZ			asb	DZ			asb	DZ
1	5,0	23	2,00	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31	
2	5,0	23	2,00	20,0	17	0,50	32,0	15	0,31	
3	6,3	22	1,59	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40	
4	4,0	24	2,50	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50	
5	7,9	21	1,27	32,0	15	0,31	32,0	15	0,31	
6	4,0	24	2,50	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40	
7	4,0	24	2,50	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50	
8	3,2	25	3,13	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50	
9	5,0	23	2,00	40,0	14	0,25	40,0	14	0,25	
10	7,9	21	1,27	20,0	17	0,50	20,0	17	0,50	

Tabelle 21:

Gruppe F

Nr.	$E_S O^\circ$ % von $E_K O^\circ$	$\log \frac{J_K}{J_S} O^\circ$	$E 25^\circ$ temp. % von		$E 25^\circ$ nas. % von	
			$E_S O^\circ$ m.K.	$E_S O^\circ$ o.K.	$E_K O^\circ$ m.K.	$E_S O^\circ$ o.K.
1	32,00	5	6,40	20,00	5,00	15,63
2	32,00	5	10,00	25,00	6,40	15,63
3	39,68	4	12,50	31,00	10,00	25,20
4	31,25	5	7,81	25,00	6,25	20,00
5	25,32	6	8,00	24,68	6,25	24,00
6	40,00	4	10,00	20,00	8,00	16,00
7	31,25	5	7,80	25,00	6,25	20,00
8	31,25	5	6,25	20,00	5,00	16,00
9	32,00	5	6,40	12,50	5,00	12,50
10	31,65	5	15,63	39,50	12,50	39,50
Mittelwerte						
	32,64	4,9	9,08	24,27	7,07	19,45

Tabelle 22: Gruppe F

Nr.	temp.Ex.P.S.	nas.Ex.P.S.	Alter	ϕ	Auge	
	Grad	Grad	Jahre	mm	OD	OS
1	25	23	49	7,0		+
2	27	28	51	7,5	+	
3	BF	12	51	6,5	+	
4	23	22	61	6,5		+
5	25	27	56	8,0		+
6	27	27	51	6,0		+
7	BF	12	58	8,5	+	
8	BF	14	58	8,5		+
9	28	27	58	7,5	+	
10	28	23	56	6,0		+

Tabelle 23: Gruppe F

Nr.	$J_K 0^\circ$		E	$J_K 25^\circ \text{temp.}$		E	$J_K 25^\circ \text{nas.}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	2,0	27	5,00	32,0	15	0,31	40,0	14	0,25
2	2,5	26	4,00	40,0	14	0,25	50,0	13	0,20
3	1,6	28	6,25	40,0	14	0,25	50,0	13	0,20
4	2,5	26	4,00	20,0	17	0,50	32,0	15	0,31
5	2,0	27	5,00	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40
6	2,0	27	5,00	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31
7	2,0	27	5,00	16,0	18	0,63	25,0	16	0,40
8	1,0	30	10,00	16,0	18	0,63	16,0	18	0,63
9	1,6	28	6,25	20,0	17	0,50	32,0	15	0,31
10	2,5	26	4,00	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31

Nr.	$J_S 0^\circ$		E	$J_S 25^\circ \text{temp.}$		E	$J_S 25^\circ \text{nas.}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	10,0	20	1,00	32,0	15	0,31	40,0	14	0,25
2	7,9	21	1,27	40,0	14	0,25	50,0	13	0,20
3	7,9	21	1,27	40,0	14	0,25	50,0	13	0,20
4	7,9	21	1,27	32,0	15	0,31	32,0	15	0,31
5	7,9	21	1,27	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40
6	7,9	21	1,27	25,0	16	0,40	32,0	15	0,31
7	7,9	21	1,27	25,0	16	0,40	25,0	16	0,40
8	6,3	22	1,59	20,0	17	0,50	20,0	17	0,50
9	6,3	22	1,59	20,0	17	0,50	32,0	15	0,31
10	12,5	19	0,80	50,0	13	0,20	63,0	12	0,16

Tabelle 24: Gruppe G

Nr.	$E_S O^\circ$ % von $E_K O^\circ$	$\log \frac{J_K}{J_S} O^\circ$	$E_{25} O^\circ$ temp. % von		$E_{25} O^\circ$ nas. % von	
			$E_K O^\circ$ m.K.	$E_S O^\circ$ o.K.	$E_K O^\circ$ m.K.	$E_S O^\circ$ o.K.
1	20,00	7	6,25	31,25	5,00	25,00
2	31,65	5	6,25	19,75	5,00	15,80
3	20,25	7	4,00	19,75	3,20	15,80
4	31,65	5	12,50	24,69	7,81	24,69
5	25,32	6	10,00	39,50	8,00	31,60
6	25,32	6	8,00	31,60	6,25	24,69
7	25,32	6	12,50	31,60	8,00	31,60
8	15,87	8	6,25	31,50	6,25	31,50
9	25,40	6	8,00	31,50	5,00	19,69
10	20,00	7	10,00	25,00	7,81	19,84
M i t t e l w e r t e						
	24,08	6,3	8,28	28,61	6,23	23,02

Tabelle 25: Gruppe G

Nr.	temp.Ex.P.S.	nas.Ex.P.S.	Alter	Ø	Auge	
	Grad	Grad	Jahre	mm	OD	OS
1	20	22	65	5,5	+	
2	22	23	74	4,5		+
3	24	19	59	5,0	+	
4	> 30	18	78	6,5		+
5	25	25	48	6,0		+
6	BF	15	65	6,5		+
7	27	25	75	5,0		+
8	26	27	61	6,5	+	
9	25	25	70	5,0		+
10	>30	>30	64	6,5		+

Tabelle 26: Gruppe G

Nr.	$J_K 0^\circ$		E	$J_K 25^\circ \text{temp.}$		E	$J_K 25^\circ \text{nas.}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	1,6	28	6,25	40,0	14	0,25	50,0	13	0,20
2	0,79	31	12,66	20,0	17	0,50	32,0	15	0,31
3	1,25	29	8,00	16,0	18	0,63	25,0	16	0,40
4	1,0	30	10,00	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40
5	0,79	31	12,66	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50
6	0,5	33	20,00	20,0	17	0,50	20,0	17	0,50
7	0,79	31	12,66	25,0	16	0,40	40,0	14	0,25
8	1,6	28	6,25	12,5	19	0,80	16,0	18	0,63
9	2,0	27	5,00	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40
10	2,0	27	5,00	16,0	18	0,63	20,0	17	0,50

Nr.	$J_S 0^\circ$		E	$J_S 25^\circ \text{temp.}$		E	$J_S 25^\circ \text{nas.}$		E
	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
1	12,5	19	0,80	50,0	13	0,20	63,0	12	0,16
2	10,0	20	1,00	40,0	14	0,25	40,0	14	0,25
3	7,9	21	1,27	32,0	15	0,31	40,0	14	0,25
4	7,9	21	1,27	32,0	15	0,31	32,0	15	0,31
5	7,9	21	1,27	20,0	17	0,50	25,0	16	0,40
6	5,0	23	2,00	25,0	16	0,40	25,0	16	0,40
7	10,0	20	1,00	32,0	15	0,31	40,0	14	0,25
8	20,0	17	0,50	50,0	13	0,20	63,0	12	0,16
9	20,0	17	0,50	50,0	13	0,20	63,0	12	0,16
10	16,0	18	0,63	32,0	15	0,31	40,0	14	0,25

Tabelle 27:

Gruppe H

Nr.	$E_{S^{O^0}}\% \text{ von } E_{K^{O^0}}$	$\log \frac{J_{K^{O^0}}}{J_S}$	$E_{25^0} \text{ temp. } \% \text{ von } E_{K^{O^0}}$	$E_{25^0} \text{ nas. } \% \text{ von } E_{K^{O^0}}$	$E_{S^{O^0}}$	$E_{K^{O^0}}$
			$E_{K^{O^0}}$ m.K.	$E_{S^{O^0}}$ o.K.	$E_{K^{O^0}}$ m.K.	$E_{S^{O^0}}$ o.K.
1	12,80	9	4,00	25,00	3,20	19,84
2	7,90	11	3,95	25,00	2,47	25,00
3	15,82	8	7,81	24,69	5,00	19,75
4	12,66	9	5,00	24,69	4,00	24,69
5	10,00	10	4,93	39,50	3,95	31,60
6	10,00	10	2,50	20,00	2,50	20,00
7	7,90	11	3,16	31,25	1,98	25,00
8	8,00	11	12,80	40,00	10,00	31,75
9	10,00	10	10,00	40,00	8,00	31,75
10	12,50	9	12,50	50,00	10,00	40,00
Mittelwerte						
	10,76	9,8	6,67	32,01	5,11	26,94

Tabelle 28: Gruppe H

Nr.	temp.Ex.P.S.	nas.Ex.P.S.	Alter	Ø	Auge	
	Grad	Grad	Jahre	mm	OD	OS
1	27	27	62	5,0	+	
2	> 30	28	59	5,5		+
3	> 30	> 30	58	5,5	+	
4	> 30	> 30	69	4,5		+
5	> 30	> 30	59	6,0		+
6	28	27	61	5,0	+	
7	28	25	56	7,0	+	
8	> 30	> 30	58	7,5		+
9	> 30	> 30	70	5,0		+
10	> 30	> 30	66	6,5		+

Tabelle 29: Gruppe H

Gruppe	$J_K^{0^\circ}$					$J_S^{0^\circ}$				
	Min.	Max.	MW	Min.	Max.	Min.	Max.	MW	Min.	Max.
	asb	DZ	DZ	DZ	asb	asb	DZ	DZ	DZ	asb
E	0,79	31	28,1	25	3,2	1,6	28	25,3	23	5,0
F	1,0	30	27,9	26	2,5	3,2	25	23,0	21	7,9
G	1,0	30	27,2	26	2,5	6,3	22	20,9	19	12,5
H	0,5	33	29,5	27	2,0	5,0	23	19,7	17	20,0

Tabelle 30: a)

Gruppe	$J_K^{25^\circ \text{temp.}}$					$J_S^{25^\circ \text{temp.}}$				
	Min.	Max.	MW	Min.	Max.	Min.	Max.	MW	Min.	Max.
	asb	DZ	DZ	DZ	asb	asb	DZ	DZ	DZ	asb
E	7,9	21	18,9	16	25,0	7,9	21	18,9	16	25,0
F	16,0	18	17,3	16	25,0	16,0	18	16,7	14	40,0
G	16,0	18	16,2	14	40,0	20,0	17	15,4	13	50,0
H	12,5	19	17,1	14	40,0	20,0	17	14,6	13	50,0

Tabelle 30: b)

Gruppe	$J_K^{25^\circ \text{nas.}}$					$J_S^{25^\circ \text{nas.}}$				
	Min.	Max.	MW	Min.	Max.	Min.	Max.	MW	Min.	Max.
	asb	DZ	DZ	DZ	asb	asb	DZ	DZ	DZ	asb
E	10,0	20	17,5	15	32,0	10,0	20	17,5	15	32,0
F	20,0	17	16,2	15	32,0	20,0	17	15,9	14	40,0
G	16,0	18	15,0	13	50,0	20,0	17	14,6	12	63,0
H	16,0	18	15,9	13	50,0	25,0	16	13,9	12	63,0

Tabelle 30: c)

Schwelle	MW der DZ-Diff. Max. - MW	MW der DZ-Diff. MW - Min.	Schwelle	MW der DZ-Diff. Max.-MW	MW der DZ-Diff. MW - Min.
$J_K 0^\circ$	2,87	2,18	$J_S 0^\circ$	2,27	2,23
$J_K 25^\circ \text{temp.}$	1,62	2,13	$J_S 25^\circ \text{temp.}$	1,85	2,4
$J_K 25^\circ \text{nas.}$	2,1	2,15	$J_S 25^\circ \text{nas.}$	2,03	2,47

d)

Tabelle 30:

Gruppe	$E_S^{0^\circ} \text{ von } E_K^{0^\circ}$			$E - \text{Verl. } E_K - E_S^{0^\circ} (\%)$		
	Min.	MW	Max.	Max.	MW	Min.
E	39,06	52,89	64,00	60,94	47,11	36,00
F	31,25	32,64	40,00	68,75	67,36	60,00
G	15,87	24,08	31,65	84,13	75,92	68,35
H	7,90	10,76	15,82	92,10	89,24	84,18

Tabelle 31: a)

Gruppe	$E_S^{25^\circ \text{ temp.}} \text{ von } E_S^{0^\circ}$			$E_S - \text{Abn. } 0^\circ - 25^\circ \text{ temp.} (\%)$		
	Min.	MW	Max.	Max.	MW	Min.
E	12,80	23,48	40,51	87,20	76,52	59,49
F	12,50	24,27	39,50	87,50	75,73	60,50
G	19,75	28,61	39,50	80,25	71,39	60,50
H	24,69	32,01	50,00	75,31	67,99	50,00

Tabelle 31: b)

Gruppe	$E_S^{25^\circ \text{ nas.}} \text{ von } E_S^{0^\circ}$			$E_S - \text{Abn. } 0^\circ - 25^\circ \text{ nas.} (\%)$		
	Min.	MW	Max.	Max.	MW	Min.
E	10,00	17,67	32,00	90,00	82,33	68,00
F	12,50	19,45	39,50	87,50	80,55	60,50
G	15,80	23,02	31,60	84,20	76,98	68,40
H	19,75	26,94	40,00	80,25	73,06	60,00

Tabelle 31: c)

Gruppe	$\log_{J_S}^{J_K^{0^\circ}} \text{ in } 1/10 \log. \text{ Dek.}$			$\pm s$	$\pm 1s_q$	$\pm 2s_q$	$\pm 3s_q$
	Max.	MW	Min.				
E	4	2,8	2	0,63	0,20	0,40	0,60
F	6	4,9	4	0,57	0,18	0,36	0,54
G	8	6,3	5	0,95	0,30	0,60	0,90
H	11	9,8	8	1,03	0,33	0,66	0,99

Tabelle 32:

Gruppe	$J_K^{0^{\circ}}$			
	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ Max. asb
A - D	0,32	35	30,90	27 2,0
E - H	0,5	33	28,18	25 3,2
Gruppe	$J_K^{25^{\circ}\text{temp.}}$			
	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ Max. asb
A - D	6,3	22	19,60	17 20,0
E - H	7,9	21	17,38	14 40,0
Gruppe	$J_K^{25^{\circ}\text{nas.}}$			
	Min. asb	Max. DZ	MW DZ	Min. DZ Max. asb
A - D	7,9	21	18,20	15 32,0
E - H	10,0	20	16,15	13 50,0

Tabelle 33: a)

Schwelle	MW der DZ-Diff. Max. - MW	MW der DZ-Diff. MW - Min.
$J_K^{0^0} (A - D)$	4,10	3,90
$J_K^{0^0} (E - H)$	4,82	3,18
Schwelle	MW der DZ-Diff. Max. - MW	MW der DZ-Diff. MW - Min.
$J_K^{25^0 \text{ temp.}} (A - D)$	2,40	2,60
$J_K^{25^0 \text{ temp.}} (E - H)$	3,62	3,38
Schwelle	MW der DZ-Diff. Max. - MW	MW der DZ-Diff. MW - Min.
$J_K^{25^0 \text{ nas.}} (A - D)$	2,80	3,20
$J_K^{25^0 \text{ nas.}} (E - H)$	3,85	3,15

Tabelle 33: b)

Gruppe	$E_K 25^\circ \text{temp. \% von } E_K 0^\circ$			$E_K \text{-Abn. } 0^\circ \text{-} 25^\circ \text{temp. (\%)}$		
	Min.	MW	Max.	Max.	MW	Min.
A - D	4,00	7,95	16,00	96,00	92,05	84,00
E - H	2,50	9,16	20,25	97,50	90,84	79,75

Tabelle 34: a)

Gruppe	$E_K 25^\circ \text{nas. \% von } E_K 0^\circ$			$E_K \text{-Abn. } 0^\circ \text{-} 25^\circ \text{nas. (\%)}$		
	Min.	MW	Max.	Max.	MW	Min.
A - D	2,00	5,90	12,50	98,00	94,10	87,50
E - H	2,47	6,89	16,00	97,53	93,11	84,00

Tabelle 34: b)

Alter d.Np.	J 0°		E	J25°temp. E			J25°nas.		E
Jahre	asb	DZ		asb	DZ		asb	DZ	
20	0,4	34	25,0	10,0	20	1,0	10,0	20	1,0
41	1,25	29	8,0	12,5	19	0,8	20,0	17	0,7

Tabelle 35:

Gruppe	Max.Ex. °	temp. X nas.Ex.
A	>30	1 : 3
B	26	2 : 3
C	17	2 : 0
D	8	1 : 4
E	16	0 : 1
F	28	4 : 2
G	>30	3 : 3
H	>30	3 : 0

Tabelle 36:

Gruppe	Alter			Ø		
	Jahre			mm		
	Min.	MW	Max.	Min.	MW	Max.
A - D	20	23,35	30	6,0	7,63	9,5
E - H	41	56,55	78	4,5	6,48	8,5

Tabelle 37:

ALGOL/MASTER (1.2)

XXXALGOL

```
0** #BEGIN#
#REAL#A,B.,
EOF(60,E0)..
M..INPUT(60,#(##)#,A)..
B.=1/A.,
OUTPUT(61,#(##)#,B)..
#GOTO#M.,
E0..#END#
#EOP#
FINIS
```

Tabelle 38:

ALGOL/MASTER (1.2)

XXXALGOL

```
0** #BEGIN#
#REAL#A,B,C,A1,B1,C1,X1,X2,X3,X4,X5.,
EOF(60,E)..
M..INPUT(60,#(##)#,A,B,C,A1,B1,C1)..
X1.=A*100/A1.,
X2.=100*A/B.,
X3.=100*A/C.,
X4.=100*A1/B1.,
X5.=100*A1/C1.,
OUTPUT(61,#(##)#,X1,X2,X3,X4,X5)..
10** #GOTO#M.,
E..,
#END#
#EOP#
FINIS
```

Tabelle 39:

ALGOL/MASTER (1,2)

XXXALGOL

```

000 #BEGIN#
    #INTEGER#I.,
    #REAL#MI,MW,SU,SQ,S.,
    #ARRAY#W(/1.,.10/),
    #ARRAY#D(/1.,.10/),
    EOF(60,ENDE),
    OUTPUT(61,*(#0,20,*(#MI,TTELWERT#),#5B,*(#SIGMA#),#10B,
        *(#1#SIGMA#),#7B,*(#2#SIGMA#),#7B,*(#3#SIGMA#),#/,#),),
    A1.,
    MI.=SU.=0.,
1000 #FOR#I.=1#STEP#1#UNTIL#10#Dn#
    INPUT(60,*(#),#W(/I/)),
    #FOR#I.=1#STEP#1#UNTIL#10#Dn#
    MI.=MI+W(/I/),
    MW.=MI/10.,
    #FOR#I.=1#STEP#1#UNTIL#10#Dn#
    #BEGIN#
    D(/I/).=W(/I/)-MW.,
    D(/I/).=D(/I/)*D(/I/),
    #END#,
2000 #FOR#I.=1#STEP#1#UNTIL#10#Dn#
    SU.=SU+D(/I/),
    S.=SQRT(SU/9),
    SW.=S/SQRT(10),
    OUTPUT(61,*(#//,5(ZD,000D,1^B),B#),#MW,S,SQ,2^SQ,3^SQ),
    ENDE.,
    #END#
        #EOP#
        FINIS

```

Tabelle 40:

II. Bilder, graphische Darstellungen, Profile,
Isopteren-Gesichtsfelder

Abbildung

- Nr. 1 Untersucherseite des Tübinger Perimeters von links.
- Nr. 2 Schrank-Innenansicht im Perimetertisch:
Elektronik für Impulsgeber-Prüfpunkt (Zeitschalter), Elektronik für Flimmerfrequenzmesser-Prüfpunkt, Geschwindigkeitsregulierung für Dekadenfilter-Prüfpunkt und Stufenfilter-Prüfpunkt.
- Nr. 3 Empfindlichkeit der Netzhaut bei 0° ohne Korrektur ($E_S 0^{\circ}$), ausgedrückt in % der Sensibilität desselben Netzhautortes mit Korrektur ($E_K 0^{\circ}$), für alle Gruppen, in Abhängigkeit von der Stärke einer bestehenden Refraktionsanomalie. Werte für diese graphische Darstellung sind den Tabellen Nr. 15 a und 31 a entnommen.
- Nr. 4 $\log \frac{J_K}{J_S}$ bei 0° , für alle Gruppen; graphische Darstellung der Tabellen Nr. 16 und 32.
- Nr. 5 Empfindlichkeit bei einer 25° temporal liegenden und isoexzentrisch nasalen Gesichtsfeldstelle ohne Korrektur ($E_S 25^{\circ}$), in % der Sensibilität bei 0° ($E_S 0^{\circ}$), für alle Gruppen. Die dieser Darstellung zu Grunde liegenden Zahlen stammen aus den Tabellen Nr. 15 b, 15 c und 31 b, 31 c. (Werte aus Nr. 15 c und 31 c jeweils mit unterbrochener Linie eingetragen).
- Nr. 6 Seitlich durch ein dünnes Korrekturglas tretender Strahl: Ist das Brillenglas bikonkav, erfährt der Strahl eine Richtungsänderung im

Sinn einer Divergenz durch B_2 , bei einem Bikonvex-Glas im Sinn einer Konvergenz durch B_1 . Bei A Korrekturglas, AB seine optische Achse.

- Nr. 7 Prismatischer Effekt von Plus- ($\star\infty$) und Minus-Korrekturgläsern ($\star\beta$), Wirkung auf Gesichtsfeldwinkel. Bei K Knotenpunkt des Auges.
- Nr. 8 Profile des 23jährigen Probanden S., Gruppe A Nr. 1, mit Myopie von -5,0 dptr. (Unterbrochene Linie: ohne Korrektur).
- Nr. 9 Isopteren, zu Schwellenwertskurven der Nr. 8 gehörig. (Unterbrochene Linie: ohne Korrektur).
- Nr. 10 Profile des 22jährigen Probanden K., Gruppe A Nr. 7, mit Myopie von -4,5 dptr.
- Nr. 11 Zu Nr. 10 gehörige Isopteren.
- Nr. 12 Profile des 27jährigen Probanden M., Gruppe A Nr. 2, mit Myopie von -5,0 dptr.
- Nr. 13 Zu Nr. 12 gehörige Isopteren.
- Nr. 14 Schematische Darstellung eines mit Korrektur aufgezeichneten Profils und Schwellenwertskurven (ohne Korrektur) der Gruppen A bis D, Bereich des blinden Flecks ausgespart.
- Nr. 15 Kreise, welche für die Gruppen A bis D das Funktionsfeld umschließen, das mit Brillenglas zu untersuchen ist. Ihr Radius entspricht der maximalen Exzentrizität des Profilschnittpunktes (Tabelle Nr. 36) bzw. der Grenze des Wirkungsbereiches unserer Korrekturgläser.
- Nr. 16 Profile der 58jährigen Probandin H., Gruppe H Nr. 8, mit Presbyopie-Hyperopie von +5,0 dptr.
- Nr. 17 Zu Nr. 16 gehörige Isopteren.
- Nr. 18 Profile des 56jährigen Probanden P., Gruppe H Nr. 7, mit Presbyopie-Hyperopie von +4,75 dptr.

- Nr. 19 Zu Nr. 18 gehörige Isopteren
- Nr. 20 Profile der 70jährigen Probandin A., Gruppe H Nr. 9, mit Presbyopie-Hyperopie von +5,0 dptr.
- Nr. 21 Zu Nr. 20 gehörige Isopteren
- Nr. 22 Schematische Darstellung eines mit Korrektur aufgezeichneten Profils und Schwellenwertskurven (ohne Ausgleich der Refraktionsanomalie) der Gruppen E bis H, Bereich des blinden Flecks wie bei Abb. Nr. 14 ausgespart.
- Nr. 23 Kreise, welche für die Gruppen E bis H ein Funktionsfeld umschließen, das mit Korrektur zu untersuchen ist. Ihr Radius entspricht der maximalen Exzentrizität des Profilschnittpunktes (Tabelle Nr. 36) bzw. der Grenze des Wirkungsbereiches unserer Brillengläser.
- Nr. 24 Profile der 21jährigen Versuchsperson K. und der 41jährigen Frau L. (unterbrochene Linie), beide emmetrop.
- Nr. 25 Zu Nr. 24 gehörige Isopteren (unterbrochene Linie: 41jährige Vergleichsperson).



Abbildung 2c



Abbildung 1:

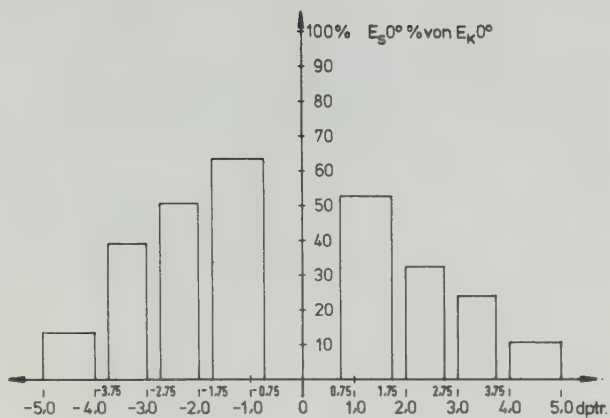


Abbildung 3:

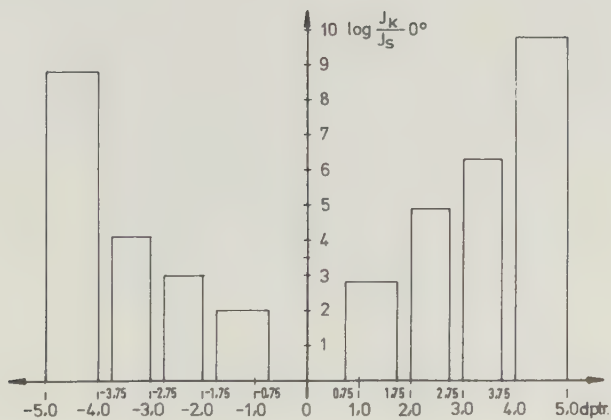


Abbildung 4:

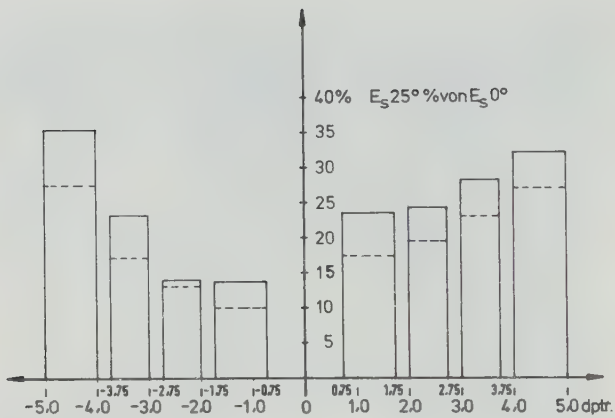


Abbildung 5:

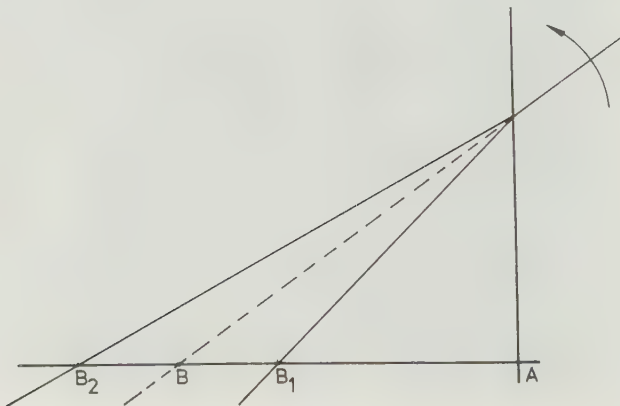


Abbildung 6:

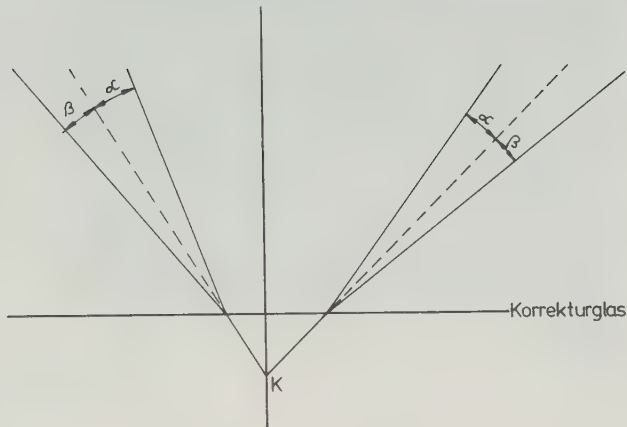


Abbildung 7:

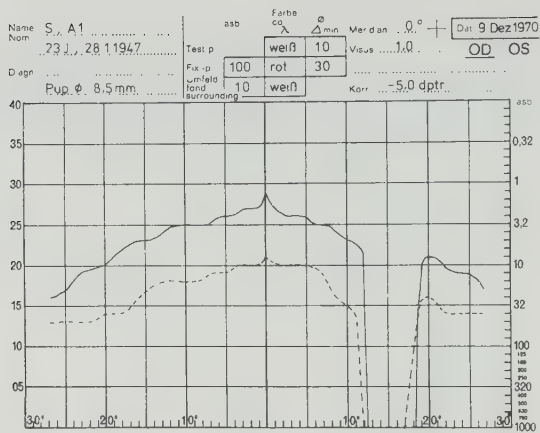


Abbildung 8:

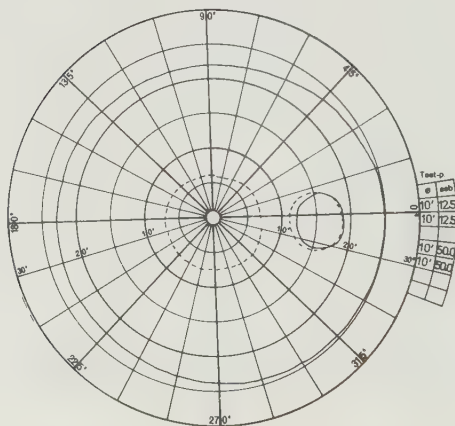


Abbildung 9:

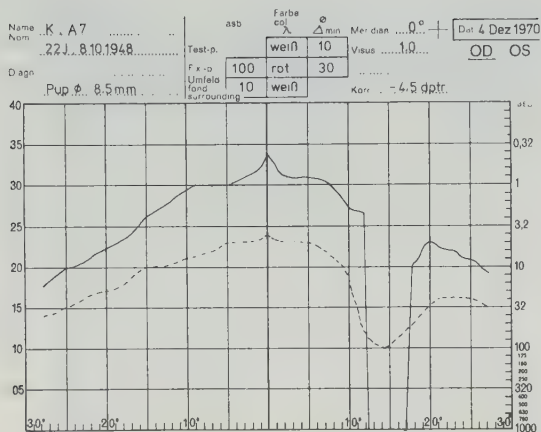


Abbildung 10:

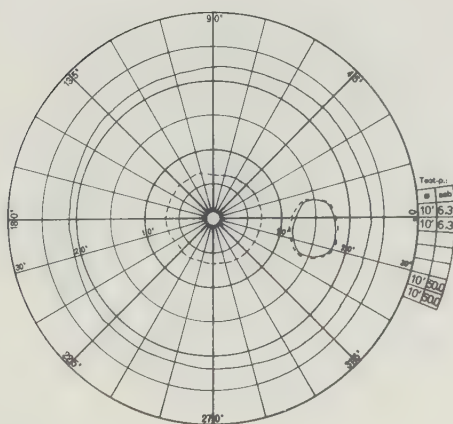


Abbildung 11:

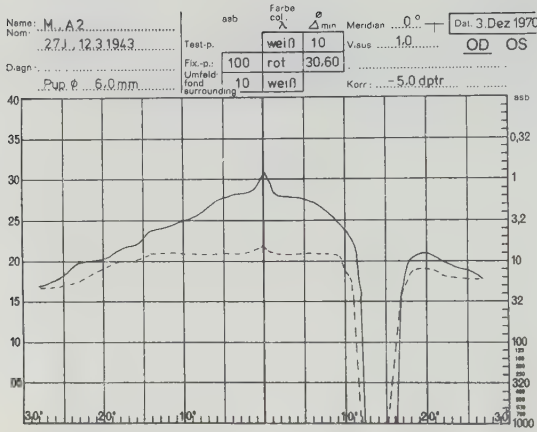


Abbildung 12:

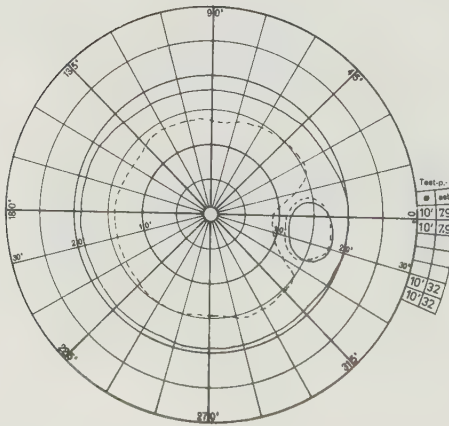


Abbildung 13:

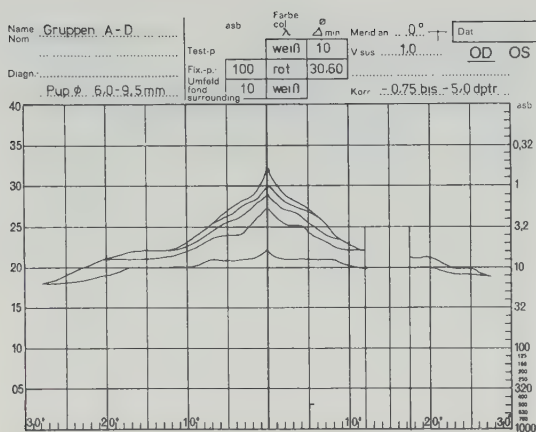


Abbildung 14:

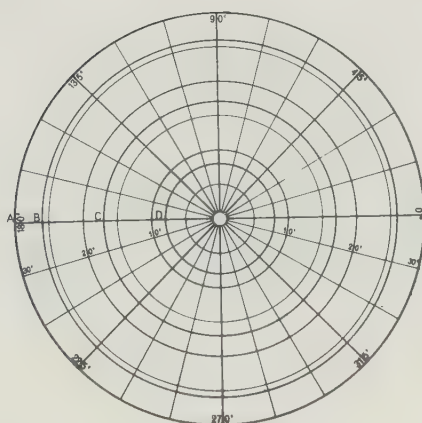


Abbildung 15:

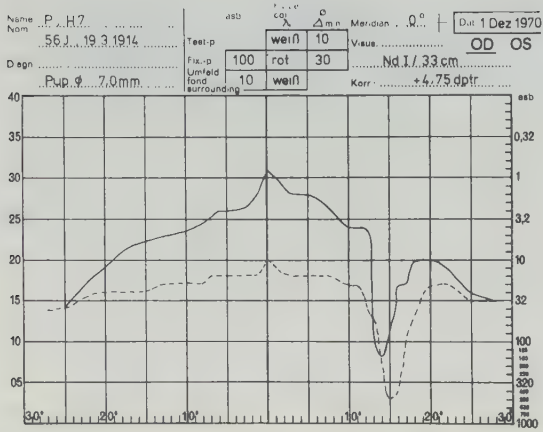


Abbildung 18:

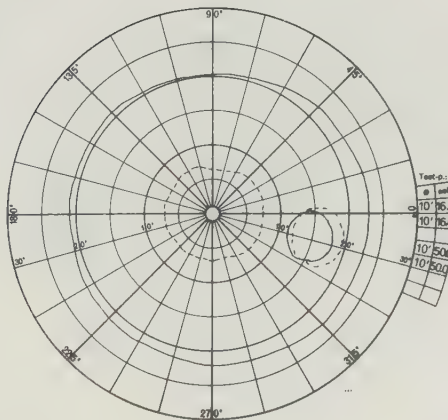


Abbildung 19:

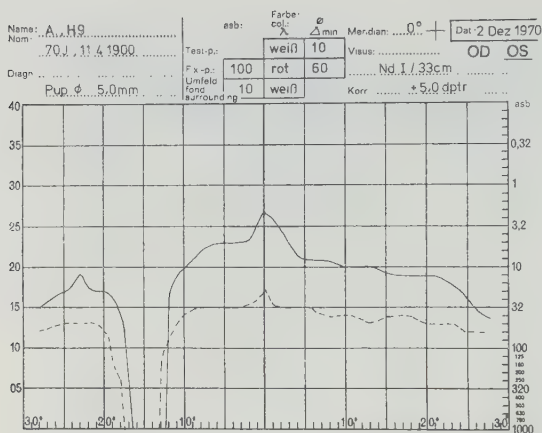


Abbildung 20:

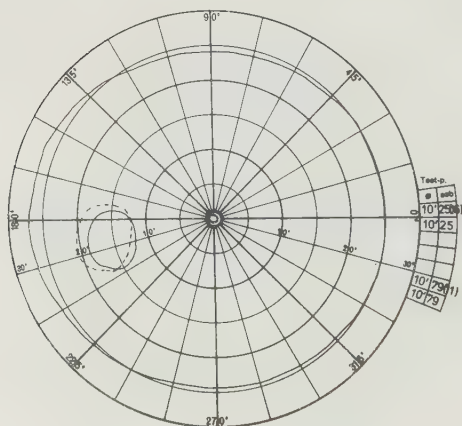


Abbildung 21:

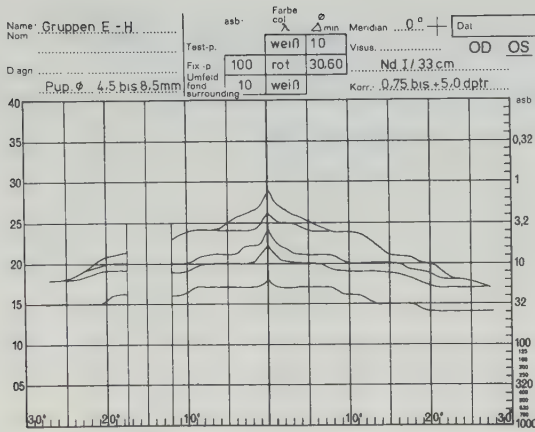


Abbildung 22:

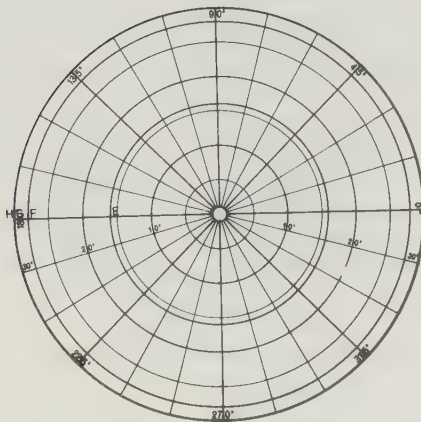


Abbildung 23:

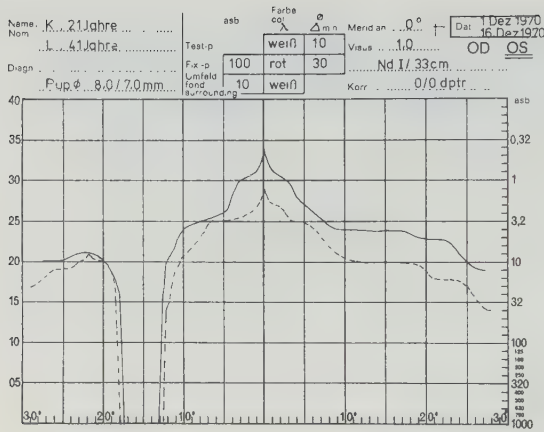


Abbildung 24:

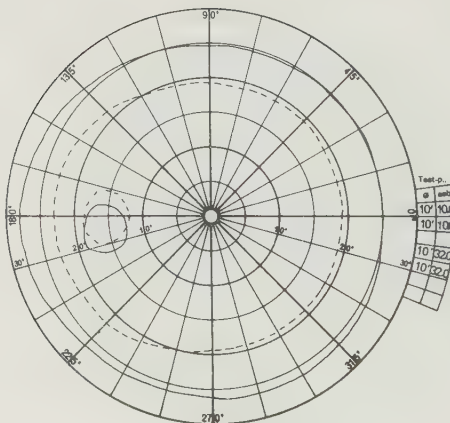


Abbildung 25:

Literaturverzeichnis

1. AMMON, F. A. v. : Berlin 1841; zit.n.Badtke,G.:
Die normale Entwicklung des
menschlichen Auges
Der Augenarzt Bd. I, S. 336,
Thieme, Stuttgart 1958
2. ANDERSEN, C. : Weitere Erfahrungen mit der
Perimetrie
Albrecht v. Graefes Arch.
Ophthal. 147, 227, 1944
3. ARMALY, M. F. : The size and location of the
normal blind spot
Arch. Ophthal. (Chicago) 81,
192-201, 1969
4. AULHORN, E. : Die Abhängigkeit der Seh-
schärfe von der Pupillenweite
Ber. Dtsch. Ophth. Ges. 68,
304-309, 1967
5. AULHORN, E. : Die Prüfung der zentralen und
peripheren Sehschärfe am Peri-
meter
Ber. Dtsch. Ophth. Ges. 63,
285-288, 288-291, 1960
6. AULHORN, E. Funktionsstörungen bei Amotio
retinae
Klin. Mbl. Augenheilk. 150,
4, 593, 1967
7. AULHORN, E. : Perimetrie,
in Sautter, H.: Entwicklung
und Fortschritt der Augenheil-
kunde
Dritter Fortbildungskurs der
Deutschen Ophthalmologischen
Gesellschaft, Hamburg 1962,
S. 701-706, Ferdinand Enke Ver-
lag, Stuttgart
8. AULHORN, E. : Persönliche Mitteilung
9. AULHORN, E. : Psychophysische Gesetzmäßig-
keiten des normalen Sehens
Ber. Dtsch. Ophth. Ges. 66,
144-161, 1964

10. AULHORN, E., and
HARMS, H. : Early visual field defects
in glaucoma, in: Glaucoma:
Tutzing Symposiums, Basel:
151, Karger 1967
11. BAIR, H. L. : Some fundamental physiologic
principles in study of the
visual field
Arch. Ophthal. (Chicago)
24, 10, 1940
12. BAIR, H.L., and
HARLEY, R. D. : Midline notching in the nor-
mal field of vision
Amer.J.Ophthalm., 23, 183-185,
1940
13. BENSHTAIN, J. J. : Physiological size of the
blind spot area
Oftal.Z. 18, 290-293 mit engl.
Zus.fass., 1963(Russisch) Zbl.
ges.Ophthal. 90, 163, 1964
14. BLATT, N. : Gesichtsfeldveränderungen bei
hochgradig Myopen
Klin.Mbl.Augenheilk. 145,
680-712, 1964
15. BONAMOUR G., BREGEAT P.,
BONNET M., JUGE P. : La papille optique (Anatomie,
sémiologie et physiologie)
Masson & Cie Edit., Paris,
3-53, 1968
16. BRESKY, R. H., and
CHARLES, S. : Pupil motor perimetry
Amer. J. Ophthalm., 68, 108,
1969
17. CHAMLIN, M. : Fluctuations in size of the
normal blind spot.
Arch. Ophthal.(Chicago) 64,
522-527, 1960
18. COMBERG, W. : Der Ringdefekt im Gesichts-
feld der Brillenträger
Klin. Mbl. Augenheilk. 107,
585, 1941
19. CORTE, M.-T. De, et
LAVERGNE, G. : La mesure de la fréquence cri-
tique de fusion, méthode
d'exploration du champ visuel

- Arch.int.Physiol.77, 231-244, 1969
Zbl.ges.Ophthal. 103,2,107, 1970
20. DAENEN, P.,
WEEKERS, R. : Corrections des amétropies pour l'étude du champ visuel Bull. Soc. belge Ophthal., 103,204-210, 1953
21. DARLEY, L. H. : Visual-field testing. Suggestions on technique Amer.J.Ophthalm. 33, 1428-1431, 1950
22. DRANCE, S. M. : Discussion to AULHORN and HARMS, in LEYDHECKER's Glaucoma Symp., Tutzing castle 1966, 179-181 Karger, Basel/New York 1967
23. DUBOIS-POULSEN, A. : La fatigue visuelle Ophthalmologica (Basel) 158, 157-180, 1969
24. DUBOIS-POULSEN, A. : Modern photopic perimetry J. All-India ophthal. Soc. 10, 27-35, 1962
25. DUBOIS-POULSEN, A., et
MAGIS, Cl. : Variation de la sensibilité différentielle le long d'un demi-méridien du champ visuel Bull. Mém. Soc. franc. Ophthal. 73, 627-636, 1960
26. ENGELKING, E. und
ECKSTEIN, A. : Neue Farbenobjekte für die klin. Perimetrie Klin. Mbl. Augenheilk. 64, 664, 1920
27. ENGELKING, E.,
LEYDHECKER, W. : Grundriß der Augenheilkunde Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1968
28. ENGELKING, E. und
SCHRECK, E. : Über Farbensinnstörungen bei Netzhautoperierten Ber.Dtsch.Ophth.Ges., 52, 271-279, 1938

29. ENOCH, J. M. : Receptor amblyopia
Amer. J. Ophthalm. 48,
262, 1959
30. ENOCH, J. M. und
SUNGA, R. N. : Neue Wege der quantitativen
Perimetrie
Albrecht v. Graefes Arch.
Ophthalm. 179, 259-270, 1970
31. ENOCH, J. M., SUNGA,
R.N., BACHMANN, E. : Static perimetric technique
believed to test receptive field
properties. I. Extension of
Westheimer's experiments on
spatial interaction. II. Adap-
tation of the method to the
quantitative perimeter.
Amer.J.Ophthalm. 70, 1, 113-
126, 126-137, 1970
32. ERGELT, H. : Das Gesichts- bzw. Blickfeld
des Brillenträgers
Schieck-Brückner Kurzes Hdb.
Ophthalm. 2, 806, 1932
33. FANKHAUSER, F. : Kinetische Perimetrie
Ophthalmologica (Basel) 158,
5-6, 406-417, 1969
34. FANKHAUSER, F., and
ENOCH, J. M. : The effect of blur upon peri-
metric thresholds. A method
for determining a quantitative
estimate of retinal contour
Arch.Ophthalm.(Chicago) 68,
240-251, 1962
35. FANKHAUSER, F., et al.: Der Einfluß der Testmarken-
größe und Pupillenweite auf
die Lichtunterschiedsempfind-
lichkeit im Gesichtsfeld
(In Vorbereitung)
36. FANKHAUSER, F., GIGER,
H., and LOTMAR, W. : A new attachment for the
Goldmann perimeter. Its pre-
cision, limitations and cli-
nical applications
Amer.J.Ophthalm. 62, 3, 885-892,
1966

37. FANKHAUSER, F. und : Die optimalen Bedingungen für
SCHMIDT, Th. : die Untersuchung der räumlichen
Summation mit stehender Reiz-
marke nach der Methode der
quantitativen Lichtsinnperime-
trie
Ophthalmologica (Basel) 139,
409-423, 1960
38. FERRÉE, C. E., and : Attachement to the Ferrée-Rand
RAND, G. : perimeter for determining light
and color minima
Arch. Ophthal. (Chicago) 22,
636-652, 1939
39. FERREE, C.E., and : Interpretation of refractive
RAND, G. : conditions in the peripheral
field of vision. A further stu-
dy
Arch.Ophthal.(Chicago) 9, 925-
938, 1933
40. FISHER, F.R. : The variations of the peri-
pheral visual fields with age
Docum. ophthal. 24,41-67, 1968
41. FORSTOT, S.L.,WEINSTEIN, : Studies with the Tubingen Pe-
G.W.,FEICOCK, K.B. : rimeter of Harms and Aulhorn
An. Ophthal.2, 9,843-854, 1970
42. FRANCOIS,J., VERRIEST,G., : La périmétrie statique colorée
et ISRAEL, A. : en pathologic oculaire
Bull.Soc.belge Ophthal., 138,
512-521, 1964
43. FRANCOIS,J., VERRIEST,G., : Périmétrie statique colorée
et ISRAEL, A. : effectuée à l'aide de l'appareil
de Goldmann. Résultats obtenus
en pathologie ocululaire
Ann. Oculist.,Paris,199,2,113-
154, 1966
44. FRANCOIS, J.,VERRIEST,G., : Résultats en pathologie oculaire
et ORTIZ-OLMEDO, A. : d'une périmétrie effectuée à
l'aide d'objets pleins et d'ob-
jets annulaires de mêmes sur-
faces
Ann.Oculist.(Paris)203,109-130,
1970; Bull.Soc.belge Ophtal.
152, 604-612, 1969

45. FRANKLIN, H., and : Movement thresholds in
MCCOLGIN peripheral vision
J.opt.Soc.Amer. 50,774-779,
1960
46. GAVIO, C. A., : Pseudo hemianopsia bitemporal
y POGGI, J. M. E. Arch.Oftal.B.Aires 38,292-293
1963; Zbl.ges.Ophthal. 94,
71, 1965
47. GELPKE, Th. und BIHLER : Die operative Behandlung der
myopischen Schwachsichtigkeit
Beitr.Augenhk.H. 28, 1897
48. GERTHSEN, Ch. : Physik
Springer-Verlag Berlin, Göt-
tingen, Heidelberg S.372,
1956
49. GLASER, J.S. : The nasal visual field
Arch.Ophthal.(Chicago) 77,
358-360, 1970
50. GOLDMANN, H. : a) Démonstration d'un nouveau
périmètre à projection, avec
remarques théoriques et cli-
niques sur la périmétrie
Ann.d'Ocul. 180, 116, 1947
b) Demonstration unseres neuen
Projektionskugelperimeters
samt theoret. und klin. Be-
merkungen über Perimetrie
Ophthalmologica (Basel) 111,
187-192, 1946
51. GOLDMANN, H. : Ein selbstregistrierendes Pro-
jektionskugelperimeter
Ophthalmologica (Basel) 109,
71-79, 1945
52. GOLDMANN, H. : Gebrauchsanleitung zum Gold-
mann Perimeter 940
53. GOLDMANN, H. : Grundlagen exakter Perimetrie
Ophthalmologica (Basel) 109,
57-70, 1945
54. GOLDMANN, H. : Lichtsinn mit besonderer Be-
rücksichtigung der Perimetrie
Ophthalmologica (Basel) 158,
5-6, 362-386, 1969

55. GOLDMANN, H. und : Untersuchungen über das Ge-
SCHUBERT, G. : sichtsfeld bei herabgesetztem
Sauerstoffdruck der Atemluft
Arch. f. Augenheilk. 107,
216-237, 1933
56. GRAFF, Th. : Messungen augen- und brillen-
optischer Größen
Verlag G.Braun-Karlsruhe 1960,
S. 37
57. GREENAWAY, D. L., and : Optical properties and band
HARBEKE, G. : structure of semiconductores
Pergamon Press Oxford 1968
58. GURVIC, B. : Diagnostische Bedeutung des Ge-
sichtsfeldes für Rot bei Prü-
fung mit kleinen Objekten
Russk.oftalm.z.8,203-205, 1928
(russisch) Zbl.ges.Ophthal.
20,837, 1929
59. HALDA, T. : Nachweis der Niveaudifferenzen
am Augenhintergrund mit Hilfe
des Perimeters von Goldmann
Szemeszet 101,58-62 mit dtsh.
u.engl.Zus.fass. 1964 (Ungarisch)
Zbl.ges.Ophthal. 91, 240, 1964
60. HARMS, H. : Die Bedeutung einer einheitli-
chen Prüfweise aller Sehfunk-
tionen
Ber.Dtsch.Ophth.Ges. 63, 281-
285, 1960
61. HARMS, H. : Die praktische Bedeutung quan-
titativer Perimetrie
Klin.Mbl.Augenheilk. 121, 683-
692, 1952
62. HARMS, H. : Die Technik der statischen Pe-
rimetrie
Ophthalmologica (Basel) 158,
5-6, 387-405, 1969
63. HARMS, H. : Die vergleichende Funktions-
prüfung des Auges
Ber. Dtsch.Ophth.Ges. 54,235-
243, 1949
64. HARMS, H. : Entwicklungsmöglichkeiten der
Perimetrie
Albrecht v. Graefes Arch.
Ophthal. 150, 28-57, 1950

65. HARMS, H. : Gesichtsfeldstörungen und ihre Bedeutung für die neurologische Diagnostik
Dtsch.Z.Nervenheilk. 187, 423-445, 1965
66. HARMS, H. : Räumliche Darstellung des Gesichtsfeldes
Ber. Dtsch.Ophth. Ges. 56, 55-61, 1951
67. HERSCHEL, R. : Anleitung zum praktischen Gebrauch von ALGOL 60, Verfahren der Datenverarbeitung
R. Oldenbourg Verlag München, Wien 1969
68. HOMMER, K. : Methoden der praktischen Gesichtsfelduntersuchung
Wien.med.Wschr. 119, 434-436, 1969
69. HUGHES, B. : The visual fields
A Study of the Applications of quantitative Perimetry to the Anatomy and Pathology of the visual Pathways
Blackwell Scientific Publications Oxford 1954
70. IINUMA, I., UENOYAMA, K., and TOMEMORI, S. : Field of fixation measured by the Goldmann perimeter; practical measurement of field of fixation by the application of the Goldmann perimeter
Ophthalmologica (Basel) 153, 460-466, 1967
71. INCZE, A. : Über die richtige Bestimmung des blinden Flecks
Arch.f.Augenheilk. 99, 670-677, 1928
72. ISRAEL, A. : Perimetric study of the blind spot, with static perimetry.
(1.south amer. Glaucoma Symposium, Bariloche, March 24-28, 1966)
Mod.Probl.Ophthal.(Basel) 6, 62-72, 1968

73. JAYLE, G. E., VOLA, J.,
AUBERT, L., et BRACCINI, G.: Etude des seuils dif-
férentiels en périmétrie
statique sur le méridien
nasal inférieur
Arch. Ophthl. (Paris) 25,
65-78, 1965
74. JONKERS, G. H. : Statistische Perimetrie
Ophthalmologica (Basel) 141,
494-496, 1961
75. KOMMERELL, G. : Binasale Refraktionsskotome
Klin. Mbl. Augenheilk. 154,
85-88, 1969
76. KOTTOW, M., KLEINER, E.
y DIAZ, T. : Campo visual y presbiopie
Arch. Chil. Oftal. 23, 91-96,
1966
Zbl. ges. Ophthal. 100, 316,
1968
77. KRUSE, W. und UTERMANN, D.: Beitrag zur Erkennung re-
fraktionsbedingter Skotome
Klin. Mbl. Augenheilk. 143,
247-252, 1963
78. LAKOWSKI, R., and
ASPINALL, P. A. : Static perimetry in young
children
Vision Res. 2, 305-312,
1969
79. LAUBER, H. : Das Gesichtsfeld
Springer-Verlag 1944
80. LAUBER, H. : Einfluß der Medientrü-
bungen auf das Gesichtsfeld
Albrecht v. Graefes Arch.
Ophthal. 140, 687, 1939
81. LETAI, G. : Gesichtsfeldgrenze und Al-
ter
Szemészet 184, 223-225 mit
engl. und dtsh. Zus. fass.
1967 (Ungarisch)
Zbl. ges. Ophthal. 92, 353,
1967/68
82. LISCH, K. : Über hintere Sklerektasie
Ber. Dtsch. Ophth. Ges. 55,
402-404, 1949
83. LO RUSSO, D. : Über den Einfluß der Fehl-
sichtigkeit auf die peri-
pherischen Grenzen des Ge-
sichtsfeldes
Ann. Ottal. 51, 751, 1923

84. MALLEM, R. : Contribution a l'etude de la périmétrie statique meridienne
Thèse présentée et publiquement soutenue devant la faculté de médecine de Montpellier 1970
85. MATSUO, H., BOFFA, M.C., et FURUSE, M. : Périmétrie quantitative cinétique. Les gradients des seuils de l'oeil normal dans la périphérie rétinienne
Ann.Oculist.(Paris) 198, 202-211, 1965
86. MAZZANTINI, L. e GLORIA, E. : Correlazione tra età ed estensione del campo visivo
Boll.Oculist. 42, 407-422, 1963
87. MAZZANTINI, L. e GLORIA, E. : Area di scotoma relativo prodotta in perimetria cinetica dasse ametropie e dalla presbiopia non corrette
Boll.Oculist. 44, 389-408, 1965
88. MAZZANTINI, L. e WITH, A. : Influenza del diametro pupillare sull'estensione del campo visivo
Boll.Oculist. 41, 387-397, 1962
89. MEUR, G., et CONREUR, L. : Contribution à l'étude de l'acuité visuelle périphérique chez le sujet normal et chez l'amblyope
Bull.Soc.belge Ophtal. 150, 694-700, 1968
90. MONJÉ, M. : Lichtsinn, Physiologie des Auges, in Velhagen, K.: Der Augenarzt Bd.I, S.169-288, VEB Georg Thieme, Leipzig 1969
91. MONJÉ, M., OFFERMANN, R.: Über die Empfindlichkeit der Netzhaut bei Refraktionsanomalien
Albrecht v. Graefes Arch. Ophthal. 155, 63, 1954
92. MONTALDI, M. : Modificazioni campimetriche in rapporto alle variazioni del diametro pupillare indotte da pilocarpina in soggetti normali e glaucomatosi
Ann.Ottal. 86, 313-326, 1960

93. MONTALDI, M., e CARBONE, A.: Le variazioni della sensibilità retinica differenziale in soggetti normali determinata con perimetria statica fotopica al perimetro di Goldmann. Nuovo schema di rappresentazione della perimetria statica parallela (circolare)
Ann.Ottal. 90, 27-36, 1964
94. MONTALDI, M., e CARBONE, A.: Influenza del rapporto superficie-luminanza dello stimolo e del diametro pupillare sulla soglia retinica differenziale esaminata al perimetro di Goldmann in condizioni mesopiche
Ann.Ottal. 90, 14-26, 1964
95. MONTALDI, M., MAGNASCO, A. : Dimensioni della macchia cieca: sue variazioni nello ambito della normalità et in rapporto alle varie tecniche di determinazione
Ann.Ottal. 87, 11, 608-620, 1961
96. MONTALDI, M., MOLFINO, A. : L'influenza dei differenti tipi di refrazione e della loro correzione ottica sulla curva di sensibilità retinica differenziale fotopica
Ann.Ottal. 91, 12, 1634-1644, 1965
97. MONTALDI, M., e ZINGIRIAN, M.: Esame perimetrico cinetico e statico in condizioni di adattamento mesopico con il perimetro di Goldmann
Ann.Ottal. 87, 9, 480-494, 1961
98. MONTALDI, M., e ZINGIRIAN, M.: La perimetria mesopica, cinetica e statica nelle afezioni produttive dell'ipofisi
Riv.oto-neuro-oftal. 38, 15-36, 1963

99. MONTALDI, M., e ZINGIRIAN, M.: Il fenomeno della esclusione parziale della macchia cieca nei soggetti normali
Ann.Ottal. 89, Suppl., 1135-1146, 1963
100. MONTALDI, M., e ZINGIRIAN, M.: Modificazioni in dotte sulla curva di sensibilità retinica differenziale dalla correzione ottica della presbiopia e dalla neutralizzazione ottica dell'accomodazione nei soggetti emmetropi
Boll.Oculist. 42, 390-406, 1963
101. MÜTZE, K. : ABC der Optik
Foitzik, L., Krug, W., Schreiber, G.
Edition Leipzig: Verlag Werner Dausien, Hanau/Main 1961
102. MUNKER, H. : Sphärische und prismatische Fehler bei Brillengläsern ohne Besserung der zentralen Sehschärfe
Augenspiegel 16, 20-26, 1970
103. NEWAMAN, M. : Modern techniques in perimetry
In Gay A.J. & Burde R.M.
"Clinical concepts in neuro-ophthalmology"
Int.Ophthal.Cin. 7, 949-1003, 1968
104. NEWMAN, M. : Preliminary results of static perimetry in the Bjerrum area and the artifacts induced by such refractive errors as myopia
(Glaucoma Res. Conf. Williamsburg, September 6-9, 1967)
Amer.J.Ophthalm. 64, 5, 977, 1967

105. OURGAUD, A., SARRACO, J., : Confrontation entre péri-
METGE, P., et MARTIN, G. métrie méridienne et cir-
culaire à 15° dans le glau-
come primitif
Bull.Mém.Soc.franc.Ophtal.
41, 480-492, 1969
106. PANTLE, A.I. et al. : Velocity-sensitive elements
in human vision: initial
psychophysical evidence
Vision Res. 8, 445-450, 1968
107. PINKERTON, R. M. H., : Clinical experience with
and REIFEL, C. circular static perimetry
in the glaucoma suspect
Canad.J.Ophthalm. 3, 313-
324, 1968
108. POHL, R. W. : Optik und Atomphysik
Springer-Verlag Berlin,
Göttingen, Heidelberg 1963
S. 142, 144
109. REICH, M. : Material zur Bestimmung der
Gesichtsfeldgrenzen und der
dynamischen Verhältnisse der
Musculi recti externi und
interni in Augen mit ver-
schiedener Refraktion
Inaug.-Diss. Petersburg 1871
in Lauber, H.: Das Gesichts-
feld
Springer-Verlag 1944
110. REINER, J. : Die Geschichte der punktu-
ellen Abbildung
Augenspiegel 16, 202-219,
1970
111. RHEIN, H., SCHNEIDER, M. : Einführung in die Physiologie
des Menschen S.737
Springer-Verlag Berlin,
Heidelberg, New York 1966
112. SCHMIDT, Th. : Kurzes Repetitorium der kli-
nischen Perimetrie
Ophthalmologica (Basel) 149,
4, 250-265, 1965
113. SCHMIDT, Th. : Perimetrie relativer Sko-
tome
Ophthalmologica (Basel)
129, 303-315, 1955

114. SCHOBER, H. : Das Sehen Bd. II
Fachbuchverlag GmbH
Leipzig 1954
115. SCHOBER, H. : Methoden und Geräte zur
Untersuchung des Gesichtsfeldes: Perimetrie-Kampime-
trie-Skotometrie
in Velhagen,K.:
Der Augenarzt Bd. I,S.687-715
VEB Georg Thieme, Leipzig
1969
116. SCHULTE, D. : Blinder Fleck und Refraktion
Ber.Dtsch.Ophth.Ges. 56,
43-46, 1950
117. SIEBECK, R. : Optik des menschlichen Auges
Springer-Verlag Berlin, Göt-
tingen, Heidelberg 1960
118. SJAAF, M. : Über das Verordnen von Brill-
len
Geneesk.Tijdschr. Nederl.-
Indie 73, 642-646, 1933 (Hol-
ländisch)
Zbl.ges.Ophthal. 30,105,1934
119. SLOAN, L. L. : Area and luminance of test
objects as variables in exa-
mination of the visual field
by projection perimetry
Vision Res. 1, 121-138,1961
120. SLOAN, L. L. : Instruments and techniques
for the clinical testing of
light sense. IV. Size of pu-
pil as a variable factor in
the determination of the
light minimum
Arch.Ophthal.(Chicago) 24,
258, 1940
121. STILES, W.S., and
CRAWFORD, B.H. : The luminous efficiency of
rays entering the eye pupil
at different points
Proc.Roy.Soc.(London) 112,
428, 1933
122. TODOR, G. A. : An objective method of vi-
sual field study
Oftal.Z.23, 228-229, 1968
(Russisch)
Zbl.ges.Ophthal. 102, 1,20
1969

123. TRAQUAIR, H., and SCOTT, G. I. : a) An Introduction to Clinical Perimetry, Ed 7, St. Louis: Mosby, 1957
b) Clinical Perimetrie Henry Kimpton, London 1957, S. 122-124
124. TSCHERMAK-SEYSENEGG, A. v. : Einführung in die physiolog. Optik Springer-Verlag Wien 1947
125. TSCHERNING : Verres de lunettes orthoscopiques Arch. Opt. 1, 401, 1908
126. USCHAKOFF : Über die Größe des Gesichtsfeldes bei Augen verschiedener Refraktion Müllers Arch. 454, 1870
127. VELHAGEN, K. : Der Augenarzt Bd. II Georg Thieme Verlag Stuttgart 1959
128. VERRIEST, G., et ISRAEL, A. : Application du périmètre statique de Goldmann au relevé topographique des seuils différentiels de luminance pour de petits objets colorés projetés sur un fond blanc. II. Etude comparative de sujets atteints de déficiences congénitales de la vision des couleurs et d'un groupe de sujets normaux Vision Res. 5, 341-359, 1965
129. VINCENTIIS, G. De : Il compartimento della macchia ereca nell occhio normale e patologico Ann. Ottal. 50, 495, 1923
130. WEEKERS, R., et LAVERGNE, G. : Applications cliniques de la périmétrie statique Bull. Soc. belge Ophtal. 418-430, 1958
131. WEISS L. : Über das Vorkommen scharf begrenzter Ektasie am hinteren Pol bei hochgradiger Myopie Arch. f. Augenheilk. 23, 194-202, 1891

132. WOLF, E. : Studies on the shrinkage of the visual field with age
Annual meeting of highway research board, January 1966
133. WOLF, E., and SCHRAFFA, A. : Relationship between critical flicker frequency and age in flicker perimetry
Arch.Ophthal.(Chicago) 72, 832, 1964
134. ZINGIRIAN, M., e CARBONE, A. : Esplorazione del campo visivo dell'occhio afachio
Ann.Ottal. 89, 461-482, 1963
135. ZINGIRIAN, M., e RIVARA, A. : Campimetria statica so schermo tangente in adattamento fotopico
Ann.Ottal. 89, 703-710, 1963
136. ZINGIRIAN, M., e RIVARA, A. : La campimetria statica nelle maculopatie
Ann.Ottal. 89, 811-820, 1963

Lebenslauf

Am 9. Februar 1948 wurde ich in Schwandorf/Opf. als 6. Kind des Volksschullehrers Emanuel Paterok und seiner Ehefrau Anneliese, geb. Hübner, geboren. In Strahlfeld, dem Dienstort meines Vaters, trat ich 1954 in die einklassige Volksschule ein, um nach 4 Jahren in die Oberrealschule Cham überzuwechseln. Diese besuchten auch meine Geschwister als Fahrschüler. Nach 9 Klassen legte ich am 21. Juli 1967 das Abitur am jetzigen Joseph-von-Fraunhofer-Gymnasium Cham ab.

Im Anschluß daran begann ich mit dem Winter-Semester 1967/68 mein Medizin-Studium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Am 31. Juli 1968 bestand ich den naturwissenschaftlichen Abschnitt der ärztlichen Vorprüfung und am 28. Februar 1970 die ärztliche Vorprüfung.

Im Frühjahr 1971 starb völlig überraschend mein treusorgender Vater, Hauptlehrer i.R., nachdem er noch als Pensionär an einer Sonderschule unterrichtet hatte.

Nach 11 Studiensemestern habe ich am 3.8.1973 an der Friderico-Alexandrina in Erlangen das medizinische Staatsexamen abgelegt.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990